

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Antonio Mitrović

**UTJECAJ ZIMSKE SLUŽBE NA RETROREFLEKSIJU**  
**OZNAKA NA KOLNIKU**

**DIPLOMSKI RAD**

**Zagreb, 2016.**

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

## **DIPLOMSKI RAD**

### **UTJECAJ ZIMSKE SLUŽBE NA RETROREFLEKSIJU OZNAKA NA KOLNIKU**

Mentor:

Prof. dr. sc. Anđelko Ščukanec

Student:

Antonio Mitrović, 0135219508

Zagreb, 2016.

## SAŽETAK

Oznake na kolniku imaju bitan utjecaj na sigurno odvijanje prometa, upozoravaju vozače na stanje i situaciju u prostoru ispred vozila te informiraju, reguliraju i vode vozače do njihovog cilja identificirajući im sigurnu putanju vožnje. Da bi oznake na kolniku ispunjavale svoju funkciju, one moraju biti vidljive danju, noću i pri otežanim vremenskim uvjetima, odnosno moraju imati dobra reflektirajuća svojstva. Na vrijednost retrorefleksije utječu različiti faktori što dovodi do postupnog smanjenja njene jačine, stoga je potrebno provoditi periodička ispitivanja retrorefleksije kako bi se osigurala propisana kvaliteta oznaka. Cilj ovog diplomskog rada je na temelju ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku koje je provodio Zavod za prometnu signalizaciju Fakulteta prometnih znanost, analizirati utjecaj zimske službe održavanja na retrorefleksiju oznaka na kolniku.

***Ključne riječi:*** oznake na kolniku; retrorefleksija; zimska služba

## SUMMARY

Road markings have significant impact on traffic flow safety, they alert drivers on the condition and the situation in the area in front of the vehicle as well as inform, regulate and manage drivers to reach their goal by identifying them the safe path of travel. For make road markings to fulfill their tasks, they must be visible during the day, at night and in bad weather conditions, thus they must have good reflective properties. Value of retroreflection is influenced by various factors leading to a gradual degradation of retroreflection during time and therefore it is necessary to periodically tests retroreflection to assure the quality of road markings. The goal of this thesis is to, based upon retroreflection measurements of road markings conducted by the Department for traffic signalization of the Faculty of Transport and Traffic Sciences, analyze the impact of winter maintenance service on retroreflection of road markings.

***Keywords:*** road markings; retroreflection; winter maintenance

## SADRŽAJ:

1.	UVOD .....	1
2.	OSNOVNI POJMOVI I PRAVILNICI ZA OZNAKE NA KOLNIKU .....	3
3.	REFLEKSIJA I RETROREFLEKSIJA OZNAKA NA KOLNIKU .....	8
3.1.	Refleksija i retrorefleksija oznaka na kolniku .....	8
3.2.	Retroreflektirajući materijali oznaka na kolniku .....	11
4.	MATERIJALI ZA IZRADU OZNAKA NA KOLNIKU .....	14
4.1.	Oznake na kolniku izrađene od boje.....	15
4.2.	Oznake od plastičnih materijala .....	17
4.2.1.	Oznake od hladne plastike .....	17
4.2.2.	Oznake od termoplastike .....	19
4.3.	Oznake izrađene trakom .....	23
5.	DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA UTJECAJA ZIMSKE SLUŽBE NA RETROREFLEKSIJU OZNAKA NA KOLNIKU .....	25
6.	ANALIZA UTJECAJA ZIMSKE SLUŽBE NA RETROREFLEKSIJU OZNAKA NA KOLNIKU .....	28
6.1.	Metode ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku.....	28
6.2.	Metodologija prikupljanja podataka .....	31
6.3.	Analiza i obrada podataka .....	32
7.	ZAKLJUČAK .....	38
	LITERATURA.....	39
	POPIS SLIKA I TABLICA.....	41

# 1. UVOD

Oznake na kolniku predstavljaju jednu od najvažnijih komponenti prometne signalizacije jer se po svom položaju nalaze u centralnom polju pažnje vozača. Oznake na kolniku imaju bitan utjecaj na sigurno odvijanje prometa, upozoravaju vozače na stanje i situaciju u prostoru ispred vozila te informiraju, reguliraju i vode vozače do njihovog cilja identificirajući im sigurnu putanju vožnje. Noću i u uvjetima slabe vidljivosti, vozači moraju donositi važne odluke, ali na temelju znatno umanjenog broja informacija što vožnju čini kompleksnijom. Da bi se i u takvim nepovoljnim uvjetima vozačima omogućilo lakše snalaženje, potrebna je dobra signalizacija, osobito dobre oznake na kolniku.

Jedna od glavnih karakteristika oznaka je njihova kontinuiranost duž cijele dužine prometnice što predstavlja značajnu činjenicu u procesu orijentacije zahvaljujući čemu vozači tada mogu predvidjeti trasu svog sigurnog kretanja. Jedan od osnovnih problema vezan za oznake na kolniku je kako povećati njihovu trajnost i retroreflektivna svojstva te na taj način povećati sigurnost prometa te optimizirati sustav održavanja oznaka.

Svrha diplomskog rada je utvrditi utjecaj zimskih uvjeta, tj. aktivnosti zimske službe na retrorefleksiju oznaka na kolniku. Analizom i usporedbom pada retrorefleksije oznaka na cestama s prisustvom zimskog održavanja i cesta bez zimskog održavanja utvrditi će se postojanje navedenog utjecaja. Podaci o retrorefleksiji korišteni u ovom radu dobiveni su mjerenjem retrorefleksije provedenim od strane Zavoda za prometnu signalizaciju Fakulteta prometnih znanosti, Sveučilišta u Zagrebu.

Rad je podijeljen u sedam cjelina:

1. Uvod
2. Osnovni pojmovi i pravilnici za oznake na kolniku
3. Refleksija i retrorefleksija oznaka na kolniku
4. Materijali za izradu oznaka na kolniku
5. Dosadašnja istraživanja utjecaja zimske službe na retrorefleksiju oznaka na kolniku
6. Analiza utjecaja zimske službe na retrorefleksiju oznaka na kolniku
7. Zaključak

Osnovni pojmovi i pravilnici te definicije i podjela oznaka na kolniku opisani su u drugom poglavlju rada. Da bi oznake na kolniku bile vidljive danju, noću i pri otežanim vremenskim uvjetima, moraju imati dobra reflektirajuća svojstva stoga se treće poglavlje odnosi na refleksiju i retrorefleksiju oznaka na kolniku. U četvrtom poglavlju su detaljno opisani materijali za izradu oznaka na kolniku. Objašnjene su njihove strukture, svojstva, način aplikacije na kolnik te

ostale karakteristike. Peto poglavlje se bavi dosadašnjim istraživanjima utjecaja zimske službe i različitih vremenskih uvjeta na retrorefleksiju oznaka na kolniku. Šesto i ujedno glavno poglavlje rada detaljno opisuje metodologiju ispitivanja retrorefleksije i prikupljanja podataka. Na temelju prikupljenih podataka izvršena je analiza i obrada podataka utjecaja zimske službe na retrorefleksiju oznaka na kolniku. U zaključnom dijelu iznijeta su zaključna razmatranja na temelju provedene analize.

## 2. OSNOVNI POJMOVI I PRAVILNICI ZA OZNAKE NA KOLNIKU

Oznake na kolniku predstavljaju element cjelokupne prometne signalizacije koje vozače upućuju na način ponašanja na cesti. Predstavljaju skup longitudinalnih i transverzalnih crta, simbola i natpisa čijom se kombinacijom oblikuju površine na prometnoj infrastrukturi. Postavljaju se samostalno ili u kombinaciji s prometnim znakovima, opremom ili svjetlosnom signalizacijom. Oznake na kolniku se ucrtavaju, lijepe, ugrađuju ili utiskuju u kolnički zastor i ne smiju povećavati skliskost kolnika te biti više od 0,6 cm iznad razine kolnika. Postavljaju se isključivo na cestama sa suvremenim kolnikom (asfaltnim ili betonskim) i to na površinski dio kolnika ili se ugrađuju u sam kolnik<sup>1</sup>.

Osnovna boja za izradu oznaka na kolniku je bijela, ali određene oznake mogu biti izrađene i žutom bojom, a to su<sup>2</sup>:

- oznake na pločniku ili kolniku na kojima nije dopušteno parkiranje,
- rubna traka,
- isprekidana crta za odvajanje traka za kretanje vozila javnog gradskog prijevoza,
- oznake kojima se obilježavaju mjesta za određene namjene (autobusna i taxi stajališta, policija, biciklistički i pješачki trakovi i dr.,
- kosnici,
- oznake parkirališnog mjesta za osobe s invaliditetom,
- naprave za smirivanje prometa (umjetne izbočine i uzdignute plohe),
- oznake kojima se privremeno preusmjerava promet (privremena regulacija prometa) i obilježavaju privremene opasnosti na kolniku.

Oznake na kolniku imaju jednaku pravnu vrijednost kao i prometni znakovi i prometna svjetlosna signalizacija te se mogu postavljati samostalno ili u kombinaciji s njima ako je potrebno da se značenje tih znakova jače istakne, odnosno potpunije odredi ili objasni<sup>3</sup>.

Osnovni zadaci oznaka na kolniku su: upozoravanje vozača na stanje i situaciju u prostoru ispred vozila koja zahtijeva osobitu pozornost i oprez za nastavak sigurnog upravljanja vozilom, vođenje vozača do njihova cilja putovanja identificirajući im sigurnu putanju vožnje,

---

<sup>1</sup> <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/dodatni/374256.htm> (10.12.2015.)

<sup>2</sup> <http://www.tisak-dada.hr/prometna-signalizacija/horizontalna-signalizacija/oznake-na-kolniku/>, (10.12.2015.)

<sup>3</sup> <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/288185.html> , (11.12.2015.)

informiranje vozača o zakonskim ograničenjima te pomoć pri reguliranju prometa na optimalan način<sup>4</sup>.

Klasifikaciju oznaka na kolniku moguće je izvršiti na temelju nekoliko kriterija kao što su: trajnost oznaka na kolniku, retroreflektivne značajke, vrsta primijenjenog materijala, način aplikacije oznaka na kolnik, koeficijent trenja i dr. Međutim najvažnija je funkcionalna podjela prema kojoj se oznake na kolniku dijele na<sup>5</sup>:

- a) uzdužne oznake
- b) poprečne oznake
- c) ostale oznake na kolniku i predmetima uz rub kolnika.

*a) Uzdužne oznake na kolniku*

Pod uzdužnim oznakama na kolniku podrazumijevaju se oznake koje su paralelno sa osi kolnika, a služe za detaljno utvrđivanje načina uporabe kolničke površine. Uzdužne oznake na kolniku mogu biti<sup>6</sup>:

- razdjelne crte – služe za razdvajanje dvosmjernih prometnih površina prema smjerovima kretanja,
- rubne crte – označava rub vozne površine kolnika,
- crte upozorenja – služi za najavljivanje blizine pune razdjelne crte.

Širina uzdužnih crta na kolniku smije iznositi najmanje 10 cm, a razmak između usporednih uzdužnih dvostrukih crta 10 cm. Širina rubne i razdjelne crte je iste širine. Širina središnje razdjelne crte prema širini kolnika<sup>7</sup>:

- 1) 3,5 m - 20 cm
- 2) 3 – 3,5 m - 15 cm
- 3) 2,75 – 3 m - 12 cm
- 4) 2,5 – 2,75 m - 10 cm.

Puna uzdužna crta (razdjelna i rubna) označuje zabranu prelaska vozila preko te crte ili zabranu kretanja vozila po toj crti.(slika 1).

---

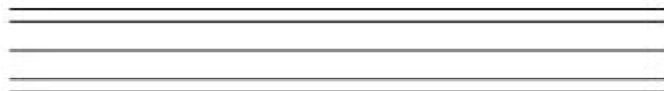
<sup>4</sup> Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija, Akademska godina 2014/2015

<sup>5</sup> Ibidem

<sup>6</sup> <http://www.prometna-signalizacija.com/horizontalna-signalizacija/uzduzne-oznake/> (12.12.2015.)

<sup>7</sup> <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/288185.html> (12.12.2015,)

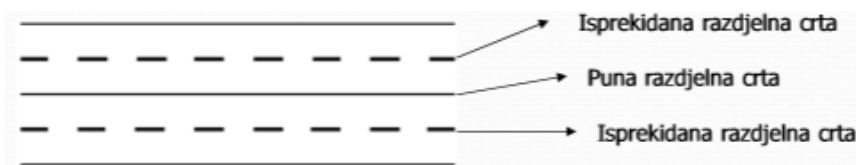




Slika 1. Puna razdjelna i rubna crta

Izvor: <http://www.prometna-zona.com/oznake-na-kolniku/> (13.12.2015.)

Isprekidana uzdužna crta može biti isprekidana razdjelna crta, široka isprekidana crta i crta upozorenja. (slika 2) Isprekidana razdjelna crta dijeli kolničku površinu na prometne trake.

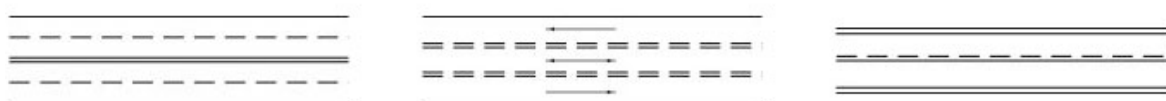


Slika 2. Isprekidana uzdužna crta

Izvor: <http://www.prometna-zona.com/oznake-na-kolniku/> (13.12.2015.)

Dvostruka razdjelna crta može biti<sup>8</sup>:

- dvostruka puna razdjelna crta – označava zabranu prelaska vozila preko tih i obavezno se izvodi na kolnicima za dvosmjerni promet (slika 3a)
- dvostruka isprekidana razdjelna crta – služi za obilježavanje prometnih traka s izmjenjivim smjerom kretanja na kojima je promet upravljan prometnim svjetlima (slika 3b).
- dvostruka kombinirana crta – služi za razdvajanje prometnih traka na mjestima gdje su uvjeti preglednosti takvi da dopuštaju pretjecanje u jednom smjeru kretanja (slika 3c).



Slika 3. Dvostruka razdjelna crta: a) puna, b) isprekidana c) kombinirana

Izvor: <http://www.signalizacija.hr/portfolioH.html#> (13.12.2015.)

<sup>8</sup> <http://www.prometna-signalizacija.com/horizontalna-signalizacija/uzduzne-oznake/> (13.12.2015.)

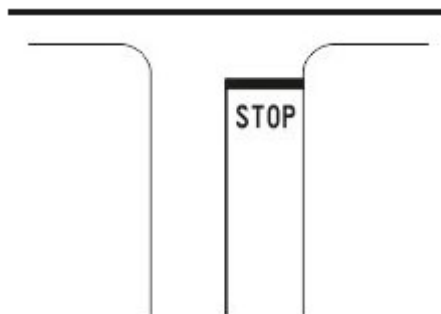
#### b) *Poprečne oznake na kolniku*

Poprečne oznake na kolniku se obilježavaju punim ili isprekidanim crtama i mogu biti povučene na kolniku tako da zahvaćaju jedan ili više prometnih trakova te s obzirom na kut pod kojim ih vozač vidi šire od uzdužnih oznaka. Poprečne su oznake sve oznake koje se nalaze okomito ili pod malim kutem u odnosu na os ceste<sup>9</sup>:

- crte zaustavljanja
- kose crte
- graničnici
- pješački prijelazi
- prijelazi biciklističke staze preko kolnika

Crta zaustavljanja može biti puna ili isprekidana i to<sup>10</sup>:

- a) Poprečne pune crte zaustavljanja – na križanjima i drugim cestama moraju biti povučene tako da vozač ima dovoljan pregled na promet vozila i pješaka u raskrižju. Puna crta zaustavljanja označuje mjesto na kojem vozač mora zaustaviti vozilo (slika 4).



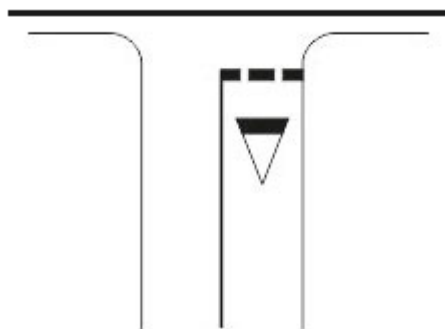
Slika 4. Poprečna puna crta za zaustavljanje vozila na križanjima i drugim cestama

Izvor: <http://www.signalizacija.hr/portfolioH.html#> (14.12.2015.)

- b) Poprečna isprekidana crta zaustavljanja - označuje mjesto na raskrižju na kojemu vozač mora zaustaviti vozilo ako je potrebno propustiti vozila koja se kreću cestom s pravom prednosti prolaska. Moraju biti povučene tako da udovoljavaju uvjetima u svezi s preglednošću kao i poprečne pune crte. Ispred crte zaustavljanja može se ubilježiti trokut upozorenja (slika 5).

<sup>9</sup> <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/288185.html> (14.12.2015.)

<sup>10</sup> <http://www.prometna-signalizacija.com/horizontalna-signalizacija/poprecne-oznake/> (14.12.2015.)

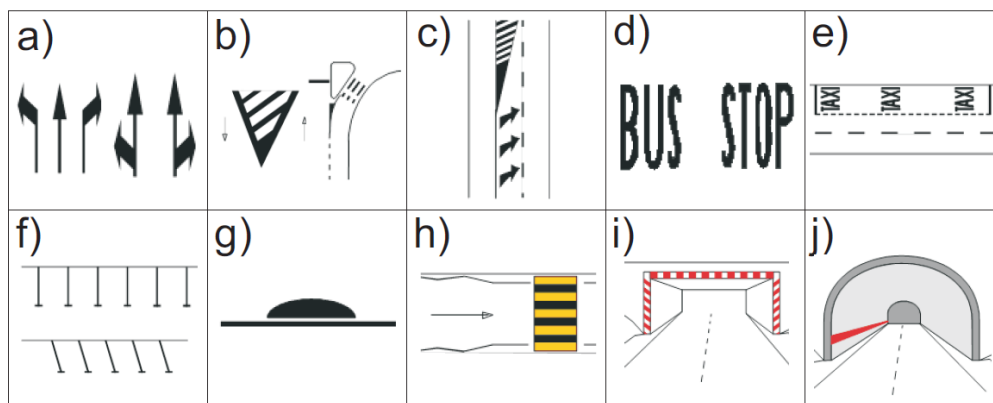


Slika 5. Isprekidana crta zaustavljanja

Izvor: [http://www.signalizacija.hr/portfolioH.html#\(15.12.2015.\)](http://www.signalizacija.hr/portfolioH.html#(15.12.2015.))

c) Ostale oznake na kolniku i predmetima uz rub kolnika<sup>11</sup>

Ostale oznake na kolniku i predmetima uz rub kolnika su: strelice, polja za usmjeravanje prometa, crte usmjeravanja, natpisi na kolniku, oznake za označavanje prometnih površina za posebne namjene, oznake za obilježavanje mjesta za parkiranje, obilježavanje bijelih točaka za ocjenu vidljivosti u magli, obilježavanje naprava za smirivanje prometa, elementi konstrukcije i opreme javnih cesta, evakuacijske crte u tunelima (slika 6).



Slika 6. Ostale oznake na kolniku

Izvor: *Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (članak 71.)* (15.12.2015.)

<sup>11</sup> <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/dodatni/374256.htm> (15.12.2015.)

### 3. REFLEKSIJA I RETROREFLEKSIJA OZNAKA NA KOLNIKU

Vidljivost svih sudionika u prometu jedna je od polaznih osnova njihove sigurnosti. Refleksija je pojava zasnovana na fenomenu „odbijanja“ svjetlosti pri dolaska na neki predmet, ne izazivajući nikakve kemijske ili fizičke promjene na njemu. Jačina svjetlosti koja se reflektira ovisi o jačini svjetlosti koja pada na predmet, ali i o vrsti materijala od kojeg se reflektira. Što je neka površina svjetlija, to je veći stupanj refleksije te se tako reflektira više zračenja. Mjera refleksije jest stupanj refleksije<sup>12</sup>.

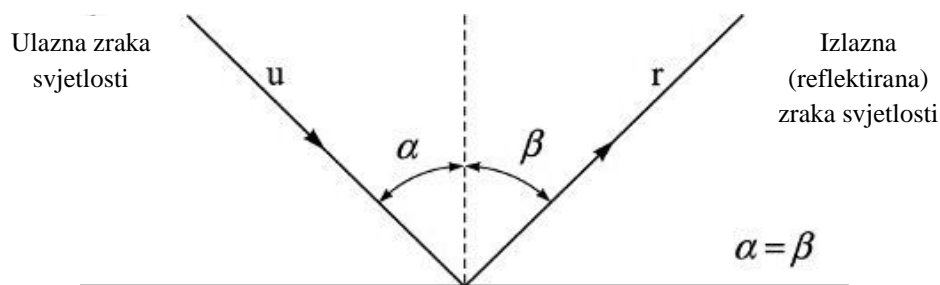
#### 3.1. Refleksija i retrorefleksija oznaka na kolniku

Da bi oznake na kolniku bile vidljive danju, noću i pri otežanim vremenskim uvjetima, moraju imati dobra reflektirajuća svojstva. U prirodi postoje tri oblika refleksije<sup>13</sup>:

- a) zrcalna refleksija
- b) difuzna refleksija
- c) retrorefleksija

##### a) Zrcalna refleksija

Zrcalna refleksija je refleksija od glatke površine. Ulazna zraka svjetlosti se od površine reflektira pod istim upadnim kutom u suprotnom smjeru (slika 7). Većina zrcalnih površina u prometu ne reflektira svjetlost u smjeru očiju vozača. Na mokrom i zaleđenom kolniku stvara blještanje<sup>14</sup>.



Slika 7. Zrcalna refleksija

Izvor: <http://www.enciklopedija.hr/Illustracije/Refleksija.jpg> (08.01.2016)

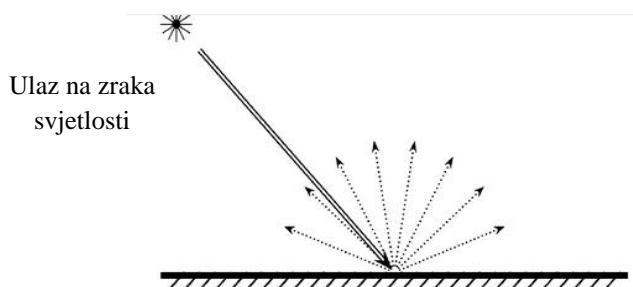
<sup>12</sup>[http://www.vtsnis.edu.rs/Predmeti/teorija\\_i\\_regulisanje\\_saobracajnih\\_tokova/2.%20Vertikalna\\_signalizacija.df](http://www.vtsnis.edu.rs/Predmeti/teorija_i_regulisanje_saobracajnih_tokova/2.%20Vertikalna_signalizacija.df) (08.01.2016.)

<sup>13</sup> Ščukanec, A., Babić, D. Vidljivost oznaka na kolniku, Dani prometnica: Građenje prometne infrastrukture. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2012.; p. 513-546.

<sup>14</sup> Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija, Akademski godina 2014/2015

### b) Difuzna refleksija

Difuzna refleksija nastaje kada svjetlost obasjavajući određenu površinu upada pod određenim kutom te se raspršuje jednako u svim smjerovima bez obzira na kut upada zrake svjetlosti na površinu što je prikazano na slici 8. Samo manji dio svjetlosti se vraća prema izvoru. Difuzna refleksije se naziva još i dnevna svjetlost<sup>15</sup>.

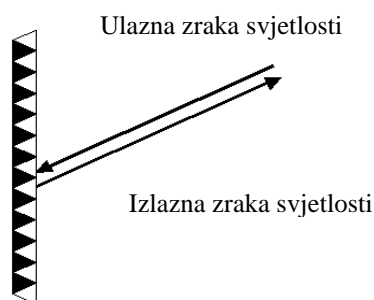


Slika 8. Difuzna refleksija

Izvor: <http://rg.c-hip.net/2014/seminari/car-corko-spoljaric/modeli.html> (09.01.2016.)

### c) Retrorefleksija

Od sve tri vrste refleksije koje poznajemo, za prometnu signalizaciju najinteresantnija je retrorefleksije. Kod retrorefleksije svjetlost se nakon refleksije od površinu vraća, pod istim kutom, u istom smjeru odakle je stigla, pa je ova vrsta refleksije najpogodnija za uvjete na cesti prilikom noćne vožnje, te se naziva i noćna vidljivost (slika 9)<sup>16</sup>.



Slika 9. Retrorefleksija

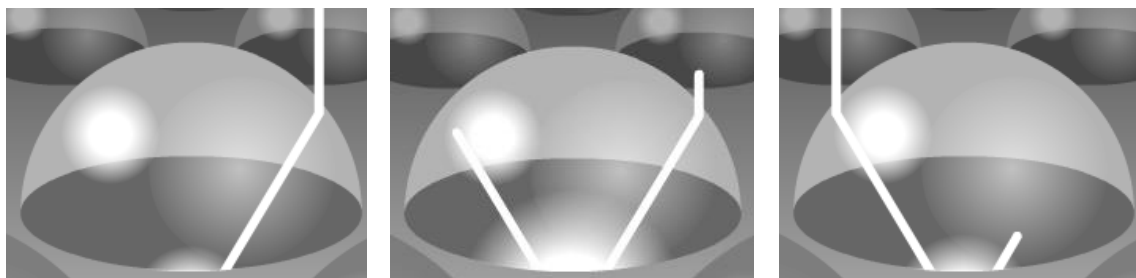
Izvor: Izradio i prilagodio autor

<sup>15</sup> Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija, Akademski godina 2014/2015

<sup>16</sup>[http://www.vtsnis.edu.rs/Predmeti/teorija\\_i\\_regulisanje\\_saobracajnih\\_tokova/2.%20Vertikalna\\_signalizacija.df](http://www.vtsnis.edu.rs/Predmeti/teorija_i_regulisanje_saobracajnih_tokova/2.%20Vertikalna_signalizacija.df) (09.01.2016.)

S obzirom da je prirodnih retroreflektora vrlo malo, retrorefleksija se ostvaruje primjenom umjetnih retroreflektirajućih elemenata te se sukladno njima retrorefleksija dijeli na: sferičnu i prizmatičnu.

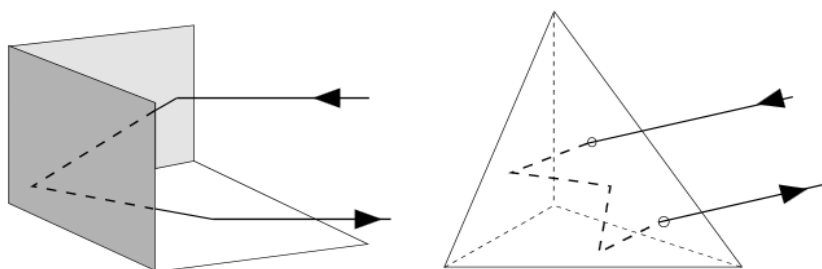
- kod sferične retrorefleksije staklena kuglica lomi ulazni svjetlosni trak pri prolasku kroz prednju površinu staklene kuglice. Svjetlost se zatim reflektira sa zrcalne površine iza kuglice, te se ponovnim prolaskom kroz prednju površinu kuglice, svjetlost lomi i reflektira u smjeru svog izvora prikazano na slici broj 10<sup>17</sup>.



Slika 10. Sferična retrorefleksija

Izvor: [http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en\\_US/Traffic\\_Safety/TSS/Resources/Education/Reflection/Retroreflective\\_Technologies/\(12.01.2016\)](http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/Traffic_Safety/TSS/Resources/Education/Reflection/Retroreflective_Technologies/(12.01.2016))

- kod prizmatične retrorefleksije tri jednake okomite površine čine prizmu na kojoj se ulazni trak svjetlosti lomi i reflektira u smjeru svog izvora usporedno s ulaznim svjetlom (slika 10). Sa optičke točke gledišta, prizmatični reflektori su daleko savršeniji u odnosu na sferične i posjeduju vrlo velik koeficijent retrorefleksije<sup>18</sup>.



Slika 11. Prizmatična retrorefleksija

Izvor: [http://www.vtsnis.edu.rs/Predmeti/teorija\\_i\\_regulisanje\\_saobracajnih\\_tokova/2.%20Vertikalna\\_signalizacija.pdf](http://www.vtsnis.edu.rs/Predmeti/teorija_i_regulisanje_saobracajnih_tokova/2.%20Vertikalna_signalizacija.pdf) (12.01.2016)

<sup>17</sup> Ščukanec, A., Babić, D. Vidljivost oznaka na kolniku, Dani prometnica: Građenje prometne infrastrukture. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2012.; p. 513-546.

<sup>18</sup> Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija, Akademski godina 2014/2015

### 3.2. Retroreflektirajući materijali oznaka na kolniku

Osnovno svojstvo retroreflektirajućih materijala temelji se na svojstvima ugrađenih elemenata. Da bi se povećala vidljivost oznaka na kolniku u uvjetima slabije vidljivosti, kada su one najpotrebnije vozačima, materijalu za izradu oznaka na kolniku dodaju se retroreflektivni elementi (staklene kuglice, odnosno perle). Pravilna primjena perli je ključna u stvaranju retrorefleksije oznaka na kolniku<sup>19</sup>.

Staklene perle funkcioniraju na principu savijanja, odnosno refleksije i loma svjetlosti. Upadna svjetlost koja dolazi od farova vozila prvenstveno se zbog refrakcije savija na vanjskom sloju perle. Potom se odbija od ruba sloja materijala oznake na kolniku na granici perle, te se kao i na početku, zbog refrakcije, svjetlost lomi i odlazi u oči vozača<sup>20</sup>.

Snaga retrorefleksije i indeks loma su veličine koje pokazuju koliko je retrorefleksija staklenih perli učinkovita. Snaga retrorefleksije, odnosno refleksije je omjer izlazne sjajnosti površine (L) i ulaznog osvjetljenja po toj površini (E) prema sljedećem izrazu:

$$R = L/E \quad (1)$$

Pri čemu se sjajnost mjeri u kandelama po metru kvadratnom ( $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ ), a osvjetljenje u luksima ( $\text{lx}$ ), pa je tako snaga retrorefleksije u kandelama po luksu metru kvadratnom ( $\text{cd}/\text{m}^2 \cdot \text{lx}$ ), odnosno, prikladnija je jedinica ( $\text{mcd}/\text{m}^2 \cdot \text{lx}$ ). Snaga retrorefleksije ovisi isključivo o materijalu, a ne o karakteristikama upadne svjetlosti. Dakle, snaga retrorefleksije opisuje koliki je potencijal materijala za vraćanje što veće količine svjetla, kako po danu (stvaranjem većeg kontrasta), tako i po noći (stvaranjem većer sjajnosti površine)<sup>21</sup>.

Kvaliteta retrorefleksije oznaka na kolniku ovisi o nekoliko čimbenika među kojima su najznačajniji<sup>22</sup>:

- Količini staklenih kuglica po  $\text{m}^2$
- Raspodjeli (distribuciji) staklenih kuglica u/po materijalu oznake
- Odnosu između veličine staklenih kuglica i debljine sloja oznake
- Stupnju utiskivanja staklenih kuglica
- Viskozitetu (ljepljivost) materijala oznake

---

<sup>19</sup> Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija, Akademski godina 2014/2015

<sup>20</sup> Šćukanec, A., Babić, D. Vidljivost oznaka na kolniku, Dani prometnica: Građenje prometne infrastrukture. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2012.; p. 513-546.

<sup>21</sup> Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija, Akademski godina 2014/2015

<sup>22</sup> Sitzabee, W. E: A Spatial Asset Management Study Through an Analysis of Pavement Marking Performance; Graduate Faculty of North Carolina State University, 2008.

- Indeksu loma staklenih perli
- Uvjetima okoline (vrijeme, stanje na cesti...)

Indeks loma govori pod kojim će se kutom svjetlost lomiti na ulasku u perlu, odnosno izlasku iz perle. Današnja tehnika omogućuje izrade perli različitih indeksa loma, pa tako postoje<sup>23</sup>:

- staklene perle (indeks loma 1.5)
- perle većeg indeksa loma (indeks loma 1.8)
- perle od kubičnog cirkonija (indeks loma 2.1)
- perle od keramičkih mikrokristala (indeks loma 2.4)

Pri suhim uvjetima optimalan indeks loma je 1.9, dok pri mokrim uvjetima najbolji indeks loma je 2.4. Stoga je jedno od mogućih rješenja za optimalnu učinkovitost staklenih perli kombinacija perli različitih indeksa loma, kako bi se osigurala što veća snaga retrorefleksije pri svim uvjetima, pa će retrorefleksiju osigurati perle odgovarajućeg indeksa loma.

Sukladno standardu tvrtke Swarco postoje različite granulacije staklenih kuglica<sup>24</sup>:

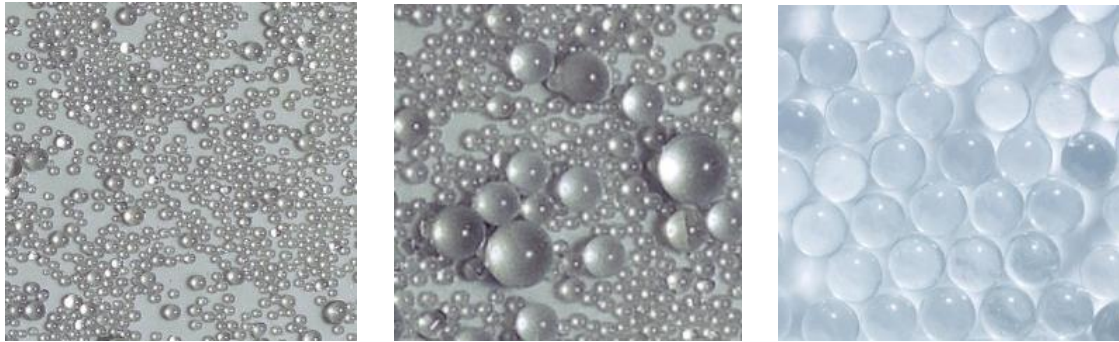
- **Swarcoflex** su staklene kuglice visokog standarda kvalitete u veličinama između 1 i 850 mikrona koje daju dobre retroreflektivne vrijednosti sa okruglošću >80%. Proizvode se u skladu s nacionalnim i međunarodnim standardima (EN 1423, AASHTO, itd.). Swarcoflex kuglice su prikladne za sve vrste materijala oznaka na kolniku kao reflektor koji se nanosi, ubrizgava ili prethodno umiješa (Slika 11a). Drop-on perle nabacuju se dok je oznaka još uvijek u tekućem stanju, te se ugrađuju u materijal visine 40-60% čime se postiže optimalna retrorefleksija. Premix perle se miješaju tijekom proizvodnje u materijal za izradu oznaka
- **Swarcolux** (okruglost >85%) su visokokvalitetne mješavine staklenih kuglica Swarcoflex s Megalux perlama. Ove mješavine, u veličinama između 1 i 1300 mikrona, daju izuzetnu refleksivnost zahvaljujući poboljšanim optičkim svojstvima površine kuglica. Zahvaljujući njihovoj izuzetnoj retrorefleksivnosti kuglice Swarcolux su osobito pogodne za tehnički zahtjevnije sustave oznaka na kolniku, kao što su strukturirane ili profilirane uzdužne oznake od termoplastike ili hladne plastike (Slika 11b).

<sup>23</sup> Toš, I.: Analiza trajnosti i retrorefleksije oznaka na kolniku, 9th International Conference Road safety in Local Community, Serbia, 2014.

<sup>24</sup> <http://www.chemosignal.hr/usluge/m-swarovski-gmbh/staklene-kuglice/> (16.01.2016.)



- **Megalux** svojom kristalno čistom površinom, okruglost >95%, vrlo jednolikom retroreflektivnošću, s manje od 1% zraka i veličinama do 1700 mikrona predstavljaju odlične reflektore za sve sustave oznaka na kolniku s izvanrednom vidljivošću u uvjetima vlage i noću. Kemijski premaz koji doprinosi povezivanju, razvijena za uporabu s raznim sustavima oznaka, osigurava vrlo homogene oznake na kolniku velike izdržljivosti i dugotrajne refleksivnosti (Slika 11c)



Slika 12. Staklene kuglice: a) Swarcoflex, b) Swarcolux, c) Megalux – Beads

Izvor: <https://www.swarco.com/en/Products-Services>(16.01.2016)

#### 4. MATERIJALI ZA IZRADU OZNAKA NA KOLNIKU

Oznake na kolniku su cjeline vezane uz kolnički zastor sastavljene od međusobno povezanih materijala čija je zadaća osigurati izdržljivost pri lošim vremenskim uvjetima, trajnost, visoku vrijednost koeficijenta trenja klizanja i drugo. Da bi se povećala vidljivost i trajnost oznaka na kolniku koriste se različiti materijali za njihovu izradu. Oznake na kolniku uobičajeno se izvide nanošenjem na površinu asfalta ili ugrađivanjem u asfalt. Prilikom nanošenja postavljaju se 2 glavna prioriteta<sup>25</sup>:

- minimiziranje vremena od početka nanošenja do trenutka kad je kolnik spreman za uporabu
- maksimiziranje vremena od spremnosti uporabe do početka obnavljanja

Minimiziranje vremena nanošenja je neophodno kako bi se što prije moglo uspostaviti uobičajeno upravljanje prometom, te ovisi o raspoloživoj tehnici za primjenu i tehnologiji nanošenja.

Danas se primjenjuje nekoliko vrsta osnovnih materijala za izradu oznaka na kolniku koji se međusobno razlikuju prema načinu aplikacije, vijeku trajanja, cijeni i strukturalnim značajkama, a dijele se na<sup>26</sup>:

- Boje
- Plastične materijale
  - a) dvokomponentna hladna plastika
  - b) termoplastični materijali
- Trake
  - a) trake za trajne oznake na kolniku
  - b) trake za privremene oznake na kolniku

Svaki od navedenih načina izrade oznaka i materijala ima svoje specifičnosti i prednosti, ali i nedostatke kod primjene.

---

<sup>25</sup> Ščukanec, A., Babić, D. Vidljivost oznaka na kolniku, Dani prometnica: Građenje prometne infrastrukture. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2012.; p. 513-546

<sup>26</sup> Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija, Akademski godina 2014/2015

Odabir odgovarajućeg materijala za izvedbu oznaka na kolniku ovisi o situaciji ceste u kojoj se materijal primjenjuje, a koja je posljedica<sup>27</sup>:

- učestalosti loših vremenskih prilika,
- protoka vozila,
- preusmjeravanja vozila s drugih cesta,
- učestalosti nanošenja asfaltnog sloja, intervala trajanja zimskih uvjeta.

Materijali za izradu oznaka na kolniku ne smiju povećavati klizavost kolnika te im se u tu svrhu dodaju elementi koji povećavaju površinsku hrapavost kolnika. Uz trajnost i vidljivost, troškovi također moraju biti uzeti u obzir kako bi se mogla utvrditi isplativost materijala za označavanje kolnika. Trošak može biti presudan faktor, pogotovo kada je postavljen iznos raspoloživih sredstava<sup>28</sup>.

#### **4.1. Oznake na kolniku izrađene od boje**

Boje su materijali u tekućem stanju koji pripadaju skupini tanko slojnih materijala za izradu oznaka na kolniku s debljinom nanosa između 0.3 mm i 0.6 mm. Koriste se u širokoj primjeni od 1950. godine. U većini slučajeva kemijski im je sastav baziran na titanijevom dioksidu ( $\text{TiO}_2$ ) koji je jeftin. Sastoje se od pigmenata, vezivnih sredstava, punila, i razrjeđivača, a mogu biti jednokomponentne i odmah spremne za ugradnju ili dvokomponentne.

Retrorefleksija kod boja postiže se ugradnjom retroreflektirajućih elemenata - perli. Perle se najčešće dodaju tijekom izvođenja oznaka, ali se kod određenih vrsta boje mogu i ugrađivati u boju. Boje predstavljaju najrašireniji i najlošiji materijal za izradu oznaka na kolniku zbog relativno kratkog vijeka trajanja, te slabog koeficijenta retrorefleksije posebno u mokrim uvjetima. Njihova osnovna prednost u odnosu na druge materijale je niska cijena, zbog koje su i dalje najupotrebljiviji materijal za izradu oznaka na kolniku<sup>29</sup>.

---

<sup>27</sup> Toš, I.: Analiza trajnosti i retrorefleksije oznaka na kolniku, 9th International Conference Road safety in Local Community, Serbia, 2014.

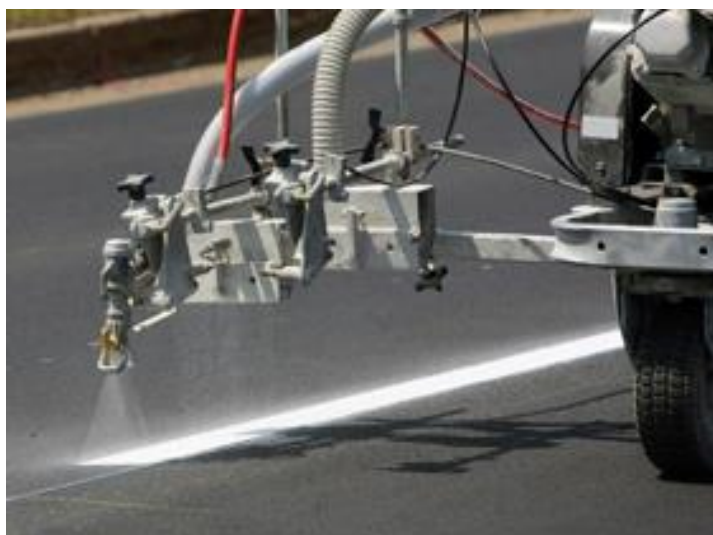
<sup>28</sup> Migletz, J., Fish, J.K., Graham, J. L. Roadway delineation practices handbook. Graham-Migletz Enterprises, Washington D.C., 1994.

<sup>29</sup> Clark, J., Sanders, S.: Review and Recommendations for Pavement Marking Materials. Department of Civil Engineering, Clemson University, S.C. 1993.

Značajke oznaka na kolniku izrađenih bojom su<sup>30</sup>:

- kratki vijek trajanja
- slabi koeficijent refleksije
- slaba vidljivost na mokrom kolniku
- potreba za čestim obnavljanjem (nekoliko puta godišnje) u svrhu zadržavanja kakvoće, a samim time i funkcionalnosti
- tekuće agregatno stanje
- dodavanje staklenih perli radi povećanja retroreflektivnih svojstava

Bojane oznake nanose se posebnim strojevima koji su opremljeni spremnikom u kojemu se nalazi boja spremna za nanošenje na kolnik, zagrijana na odgovarajuću temperaturu, razrijeđena s razrjeđivačem te pomiješana s aditivima. Boja prolazi kroz sustav cijevi gdje se na završetku boja pod tlakom raspršiva. Poseban uređaj raspršuje staklene perle u nanešenu boju na kolniku.



Slika 13. Nanošenje bojanih oznaka na kolniku automatskim putem

Izvor: [http://www.astm.org/SNEWS/JA\\_2009/d0144\\_ja09.html](http://www.astm.org/SNEWS/JA_2009/d0144_ja09.html) (20.01.2016)

Oznake na kolniku izrađene bojom postavljaju se najčešće krajem proljeća. Ovisno o mjestu gdje se postavljaju i uvjetima okoline, njihova vidljivost u roku od 4 do 6 mjeseci vidno opada. Zbog abrazivnog djelovanja soli i posipnih materijala za vrijeme zime dolazi do intenzivnijeg brisanja oznaka.

---

<sup>30</sup> Ščukanec, A., Babić, D. Vidljivost oznaka na kolniku, Dani prometnica: Građenje prometne infrastrukture. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2012.; p. 513-546.

## 4.2. Oznake od plastičnih materijala

Plastični materijali su višekomponentni i sastoje se u pravilu od sintetičkih veziva, prirodnih i umjetnih smola, pigmenata, punila, i perli. Pripadaju u skupinu debeloslojnih oznaka. Debljina nanosa oznaka kreće se od 1 do 3 mm. Oznake na kolniku od plastičnih materijala mogu se postavljati na kolnik hladne ili na povišenoj temperaturi, te se s tim u vezi mogu podijeliti u dvije osnovne skupine<sup>31</sup>:

- hladna plastika
- termoplastika

### 4.2.1. Oznake od hladne plastike

Hladna plastika je materijal u tekućem stanju kojemu se dodaju razni aditivi za zgrušavanje mase te se zatim nanose na kolnik i nakon 20-tak minuta stvrdnjavanje moguće je preko njih voziti. Vijek trajanja im je relativno dug, između 2 i 4 godine, a odnos miješanja komponenti je od 1:100 do 50:50. Oznake mogu biti neprofilirane i profilirane.

Oznake od hladne plastike su pouzdane te dugotrajne te se postavljaju na prometnicama s većim prometnim zagušenjem i s različitim vremenskim uvjetima. Da bi se osigurala kvaliteta i smanjilo habanje proizvoda tijekom godine, moguće je odabrati oznake od hladne plastike za različita godišnja doba, a samim tim za različite uvjete, kao što su npr. (ljetno, zima, uvjeti pri normalnoj temperaturi itd.)<sup>32</sup>.

Postoje tri klase hladne plastike za oznake na kolniku: fina plastika (FP), gruba plastika (RP) ili hladno sprejana plastika, koje se na kolnik mogu nanositi ručno, međutim fina plastika i hladno sprejana plastika obično se na kolnik nanose strojem<sup>33</sup>.

Prednosti oznaka od hladne plastike u odnosu na druge materijale<sup>34</sup>:

- uočljiva danju i noću, pri svim uvjetima osvjetljenja, kao i u svim vremenskim uvjetima
- odlično prianjanje na beton ili asfalt
- vrlo dobra stabilnost oblika, naročito pri visokim temperaturama (važno za profilirane oznake)

---

<sup>31</sup> Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija, Akademsko godišnje 2014/2015

<sup>32</sup> Babić, D., Burghardt, T. E., Babić, D.: Application and Characteristics of Waterborne Road Markings Paint, International Journal for Traffic and Transport Engineering, 2015., Vol. 5 (2), p. 150-169, DOI: [http://dx.doi.org/10.7708/ijtete.2015.5\(2\).06](http://dx.doi.org/10.7708/ijtete.2015.5(2).06)

<sup>33</sup> <http://www.geveko-markings.com/plastiroute-cold-plastic-marking.html> (23.01.2016)

<sup>34</sup> <http://www.vps-prometna-signalizacija.hr/proizvodi/7/debeloslojne-horizontalne-oznake> (23.01.2016)

- dobro prijanjane na postojeće boje na bazi otapala i oznake od hladne plastike
- izuzetno otporne na trošenje
- vrlo dobra otpornost na klizanje zbog korištenja hrapavih punila
- vrlo dobro prijanjanje perli zbog posebno izrađenih premaza
- nema pukotina u asfaltu ili plastici zbog fleksibilnosti metakrilata
- dobra otpornost na motorna ulja i goriva
- dobra otpornost na sol i led u zimskim uvjetima
- dobra otpornost aglomeratnih oznaka na ralice za uklanjanje snijega
- hladna plastika je otporna na vremenske utjecaje, to je osobito važno s obzirom na zadovoljavanje prometno tehnoloških zahtjeva kao što je vidljivost noću i danju, otpornost na klizanje i trajnost
- vremenske obrade i stvrdnjavanja (hlađenja) mogu se prilagoditi metodi aplikacije (ručna ili strojna)



Slika 14. Oznake na kolniku od hladne plastike

Izvor: <http://www.signalizacija.hr/images/HLPL.jpg> (27.01.2016.)

Zadnje desetljeće sve se više izrađuju aglomeratne strukturirane oznake na kolniku od hladne plastike. To su oznake tipa II s poboljšanom vidljivošću u mokrim ili kišnim noćnim uvjetima i slijedećim karakteristikama<sup>35</sup>:

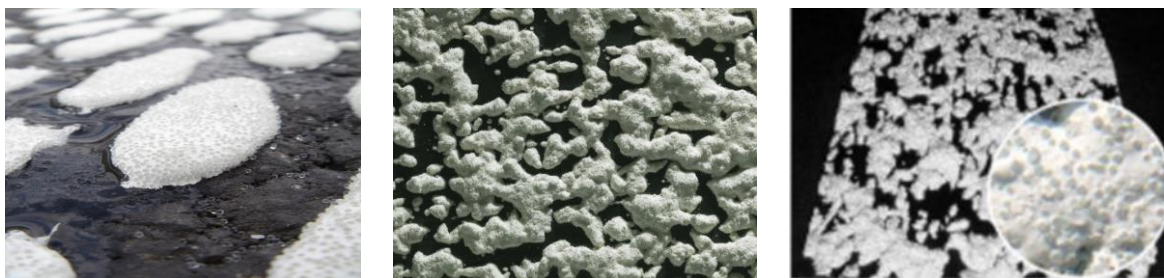
- otvorena struktura oznaka (aglomerati) rezultira odličnim učinkom odvodnje kao i velikom trajnošću i stabilnosti oblika s obzirom na određena naprezanja, (kao što su ralice)
- postoji veliki broj različitih struktura koje su nastale različitim tehnikama aplikacije

<sup>35</sup> Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija, Akademski godina 2014/2015

- mogućnost jednostavnog obnavljanja tankim materijalima (poput filma boje visoke čvrstoće, dvokomponentne boje ili hladna sprej plastika)
- vrlo dobar odnos cijene i performansi zbog smanjene potrošnje materijala
- izračunata prosječna debljina sloja bi trebala biti 2-3 mm.

Obične nezaštićene površine oznaka izložene su značajnom oštećivanju uslijed padajućeg materijala od gume i zbog utjecaja zimske službe. Praktična istraživanja u kojemu su se istražile performanse aglomeratnih strukturiranih oznaka u zimskim uvjetima pokazala su sljedeće:

- aglomeratne oznake otporne su na asfaltnim i bituminoznim površinama
- istrošene oznake od ostalih materijala mogu se ekonomično obnoviti aglomeratima
- aglomeratne oznake omogućuju optimalno vođenje prometa u kišnim noćima zahvaljujući povećanoj refleksiji
- nema rizika za klizanje za pješake i bicikliste
- dug životni vijek navedenih oznaka.



Slika 15. Prikaz aglomeratnih strukturiranih oznaka

Izvor: <http://www.chemosignal.hr/usluge/hladna-plastika/> (25.01.2016)

#### 4.2.2. Oznake od termoplastike

Oznake od termoplastike se koriste u Americi od 1950 - ih, dok se u većini europskih zemalja koristi duže od trideset godina, a razvoj je počeo još tijekom Drugog svjetskog rata. Sastoje se od četiri komponente: veziva, pigmenta, staklenih perli i punila (pijesak ili kalcijev karbonat). Termoplastični materijali su podijeljeni u dvije osnovne kategorije prema vrsti veziva<sup>36</sup>:

- Ugljikovodični (dobivanje iz naftnih smola)
- Alkidni (sintetičke poliesterske smole izvedene iz različitih alkohola i kiselina).

<sup>36</sup> Jiang, Y.: Durability and retro-reflectivity of pavement markings (Synthesis study), Joint transportation Research Program, 2008.

Alkidne i modificirane alkidne boje su uglavnom najjeftinije i najbrže se suše s obzirom na druge materijale, ali su istraživanja pokazala da su najmanje izdržljive. U slučaju formula gdje se produžuje vijek trajanja istih, povećava im se cijena i vrijeme sušenja. Oznake na bazi ugljikovida koriste veziva na bazi organskih spojeva petroleja te su osjetljive na kapljice ulja. Najčešće se koriste za uzdužne oznake na kolniku.

Trajnost oznaka izrađenih od ovog materijala iznosi od 2 do 5 godina. Ovakav relativno dug vremenski interval trajnosti materijala ponajviše ovisi o<sup>37</sup>:

- kvaliteti i stanju podloge
- intenzitetu prometa
- klimatskim uvjetima
- tome je li riječ o uzdužnim ili poprečnim oznakama
- tome gdje se oznaka nalazi s obzirom na poprečni presjek ceste
- posebnosti mjesta primjene.

Termoplastika se prije same aplikacije mora kuhati oko dva sata, u za to predviđenim kotlovima, na temperaturi od oko 180°C kako bi se napravila kompaktna polutekuća masa. Za pravilno lijepljenje moraju biti zadovoljeni slijedeći uvjeti<sup>38</sup>:

- površina kolnika mora biti čista (bez prašine, prljavština i dr. )
- površina kolnika mora biti provjerena da se na njoj ne nalaze već postojeće oznake koje više nisu potrebne, ostaci staklenih perla te spojevi ispucanog kolnika
- površina kolnika ne smije biti vlažna
- temperatura kolnika i zraka mora biti najmanje (10-13°C), kako bi se osigurala pravilna brzina hlađenja.

Čista i suha površina kolnika je izričito važna kako bi se postigla pravilna povezanost termoplastičnih materijala s površinom kolnika. Ako se prilikom radova koristi osnovni premaz, mora mu se dati dovoljno vremena da se osuši prije lijepljenja termoplastike. Posebni uređaji za podno grijanje koriste se za uklanjanje vlage s površina kolnika, čime se omogućuje bolje lijepljenje termoplastike na kolnik.

---

<sup>37</sup> Šćukanec, A., Babić, D. Vidljivost oznaka na kolniku, Dani prometnica: Građenje prometne infrastrukture. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2012.; p. 513-546.

<sup>38</sup> Migletz, J., Fish, J.K., Graham, J. L. Roadway delineation practices handbook, Graham-Migletz Enterprises, Washington D.C., 1994.



Već desetak minuta nakon polaganja na kolnik tekuća masa se stvrdnjava pa se preko oznaka može normalno voziti. Termoplastični materijali mogu se postavljati i na beton, ali tada uz primjenu nekog povezujućeg sredstva jer ispuca na betonskim kolnicima što rezultira smanjenjem retrorefleksije i trajnosti obilježavanja. Sposobnost termoplastičnih materijala da se vežu na površinu kolnika se temelji na toplinskim svojstvima termoplastičnih veziva te površine kolnika, tj. propusnosti površine. Termoplastika se dobro prima na asfaltnim površinama jer razvija toplinsku vezu s asfaltom preko toplinske fuzije<sup>39</sup>.

Jedna od prednosti termoplastičnih materijala je i ta da su pri aplikaciji manje osjetljivi na vanjsku temperaturu i temperaturu kolnika u odnosu na boju i trake, što osigurava dulje vremensko razdoblje u godini kada se mogu postavljati. Oznake na kolniku izrađene od termoplastičnih materijala (slika 15), karakterizira vrlo dobra uočljivost u svim vremenskim prilikama, kao i u noćnim i drugim uvjetima smanjene vidljivosti i to tijekom cijele godine, što kod bojanih oznaka nije slučaj. To im omogućavaju retroreflektivni elementi koji su sadržani u materijalu. Kao retroreflektivni elementi koriste se staklene perle vrlo malih izmjera. Da bi se povećala inicijalna retroreflektivnost termoplastičnih materijala, neposredno nakon postavljanja oznaka dodaju se još perle<sup>40</sup>.



Slika 16. Oznaka od termoplastike

*Izvor: <http://www.signalizacija.hr/serviceHor.html> (27.01.2015.)*

Termoplastične oznake mogu biti profilirane i neprofilirane, U praksi najčešće se izvide neprofilirane uzdužne oznake, a u određenim slučajevima kombinacija profiliranih ili kombiniranih neprofiliranih i profiliranih crta odlično je rješenje povećanja sigurnosti u

---

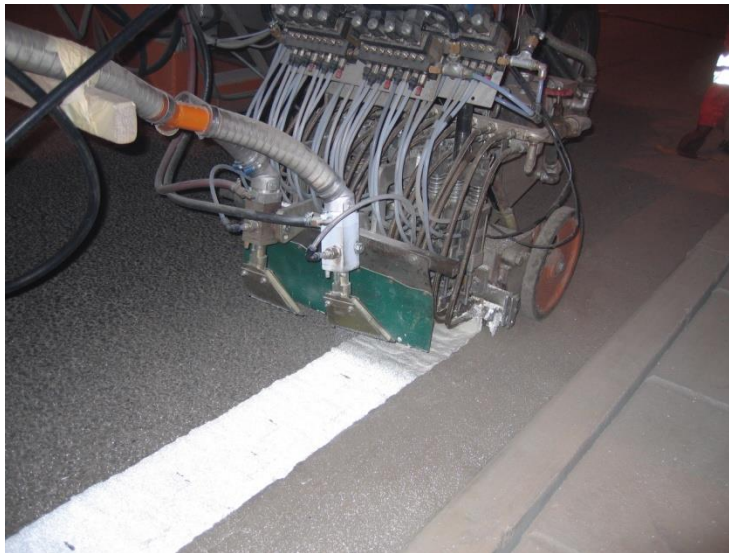
<sup>39</sup> Migletz, J., Fish, J.K., Graham, J. L. Roadway delineation practices handbook, Graham-Migletz Enterprises, Washington D.C., 1994.

<sup>40</sup> <http://www.signalizacija.hr/serviceHor.html>(27.01.2016.)

prometu. Profilirane oznake omogućuju bolju vidljivost na mokrim kolnicima te omogućuju vibracije vozila i specifičan zvučni efekt ako se kotačima prijeđe ili vozi preko njih. Na taj se način vozači upozoravaju da su se približili rubu ceste. Profilirane cestovne oznake pogodne su i za središnju razdjelnu punu crtu, gdje također zvučnim upozorenjem i vibracijama vozila upozoravaju vozača da se približio razdjelnom dijelu ceste, odnosno prometnoj traci namijenjenoj za kretanje vozilima iz suprotnog smjera<sup>41</sup>.

Izrada oznaka na kolniku od termoplastičnih materijala zahtijeva uporabu specijaliziranih strojeva, takozvanih Extrudera. Extruder se sastoji od sustava brizgaljki međusobno povezanih u cjelinu na principu modula. Sustav brizgaljki povezan je s centralnom mikroprocesorskom jedinicom, koja ima zadatak da na temelju unesenih podataka o vrsti i dizajnu crte upravlja sustavom brizgaljki, sustavom za koordinaciju pritiska zraka i doziranjem materijala iz spremnika i dr. Na taj se način brzo i jednostavno, obzirom na stvarne potrebe, može regulirati širina crte<sup>42</sup>.

Širina crte koja se s Extruderom može povlačiti iznosi od 5 do 50 centimetara. Extruder se postavlja na bočnu stranu stroja, te s tim u skladu vozne i eksploatacijske značajke ovise o tom stroju. Pomoću Extrudera moguće je izvoditi neprofilirane, profilirane i kombinirane oznake na kolniku te je moguće izvesti više od 50 različitih dizajna crta.



Slika 17. Princip nanošenja termoplastičnih oznaka

*Izvor: Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija, Akademski godina 2014/2015*

---

<sup>41</sup> Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija, Akademski godina 2014/2015

<sup>42</sup> <http://www.chemosignal.hr/usluge/termoplastika/podjela/> (29.01.2016.)

### 4.3. Oznake izrađene trakom

To su oznake koje se pričvršćuju na površinu ceste pomoću ljepila ili raznim toplinskim postupcima. Mogu također biti i prerađene termoplastične oznake u obliku simbola ili pješačkih prijelaza koje se apliciraju zagrijavanjem otvorenim plamenom. Mogu biti tankoslojne ili debeloslojne oznake što ovisi o njihovoj namjeni. Staklene perle se tvornički ugrađuju u trake, te one imaju veća retrorefleksivna svojstva od standardnih oznaka za označavanje kolnika. Jedan od nedostataka traka je visoka cijena.

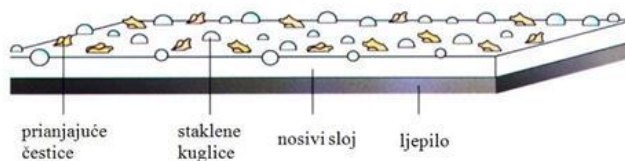
Pravila za nanošenje traka su strogo definirana te se moraju zadovoljavati uvjeti kao što su: pogodan kolnik, temperatura zraka, vrijeme sušenja, korištenje kvalitetnih ljepila itd. Postoje dva načina postavljanja traka<sup>43</sup>:

- neposredno nakon asfaltiranja (in-lane tehnologija), trake se nakon postavljanja na asfalt valjkom uvaljavaju zbog čega one ulaze u gornji sloj asfalta
- postavljanje na stare asfaltne i betonske gornje slojeve ceste (on-lane tehnologija) vrši se pomoću posebno izrađenih ljepila.

Trake za izradu oznaka na kolniku mogu se izvesti kao<sup>44</sup>:

- a) Trake za dugotrajne oznake na kolniku
- b) Trake za privremene oznake na kolniku

**a) Trake za dugotrajne oznake na kolniku** - najbolje su se pokazale pri postavljanju na nove asfaltne površine, iako se uz primjenu posebnog lijepila mogu postavljati i na stare asfaltne površine, kao i na kolnike koji su izrađeni od betonskog materijala. Mogu biti profilirane ili neprofilirane.



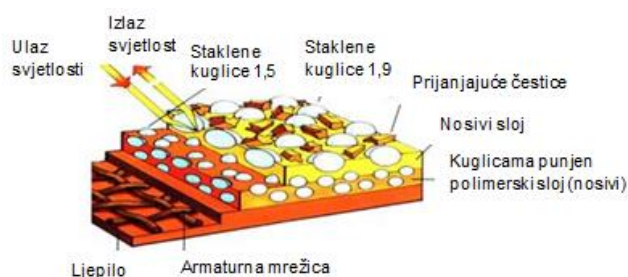
Slika 18. Neprofilirane oznake na kolniku izrađene trakom

*Izvor: Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija, Akademska godina 2014/2015*

<sup>43</sup> Migletz, J., Fish, J.K., Graham, J. L. Roadway delineation practices handbook, Graham-Migletz Enterprises, Washington D.C., 1994.

<sup>44</sup> Ščukanec, A., Babić, D. Vidljivost oznaka na kolniku, Dani prometnica: Građenje prometne infrastrukture. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2012.; p. 513-546.

**b) Trake za privremene oznake na kolniku** koriste se za kratkoročne projekte i za privremenu regulaciju prometa npr. u radnim zonama. Ove trake su strukturalno drugačije i znatno tanje od trajnih traka iz razloga jer se razlikuju uvjeti okoline na kojima se postavljaju, a i da bi se lakše uklonile nakon prestanka njihove svrhe. Da bi bile uočljivije i da bi ih se u odnosu na ostale oznake lakše uočilo, trake za privremeno obilježavanje kolnika izvede se drugom bojom, najčešće žutom ili narančastom. Postoje dva tipa privremenih traka koje se razlikuju po njihovoj ljepljivosti. Prvi tip je namijenjen za uporabu u projektima u kojima neće biti potrebe istog uklanjati, dok je drugi tip traka namijenjen za jednostavno odstranjivanje ne ostavljajući nikakav trag na kolniku. Ovaj tip traka se koristi najčešće u građevinskim zonama gdje se oznake po završetku radova moraju ukloniti.



Slika 19. Sastav traka za privremene oznake na kolniku

*Izvor: Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija, Akademski godina 2014/2015*

Prednost traka u odnosu na druge materijale za izradu oznaka na kolniku je da se ne proizvodi u promjenjivim uvjetima (temperatura, vlaga) na licu mjesta, već u tvornicama u kontroliranim uvjetima po ISO standardima. Trake se isporučuju u rolama različitih dužina i širina. Izvedene trake imaju prednost u odnosu na ostale materijale za oznake na kolniku jer ne zahtijevaju skupu opremu ili iskusno radno osoblje na terenu, isto tako ne zahtijevaju određeni vremenski period sušenja. Jedan od glavnih nedostataka traka je u njihovoj visokoj cijeni, koja može doseći cijenu od čak 60 € po m<sup>2</sup>, te npr. njihova primjena može koštati od 5 do 10 puta više u odnosu na primjenu termoplastičnih materijala za oznake na kolniku<sup>45</sup>.

<sup>45</sup> Babić, D., Burghardt, T. E., Babić, D.: Application and Characteristics of Waterborne Road Markings Paint, International Journal for Traffic and Transport Engineering, 2015., Vol. 5 (2), p. 150-169, DOI: [http://dx.doi.org/10.7708/ijtte.2015.5\(2\).06](http://dx.doi.org/10.7708/ijtte.2015.5(2).06)

## **5. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA UTJECAJA ZIMSKE SLUŽBE NA RETROREFLEKSIJU OZNAKA NA KOLNIKU**

Dosadašnja istraživanja retrorefleksije na kolniku su se u većini slučajeva odnosila na istraživanja trajnosti retroreflektirajućih materijala i na utjecaj prometnog toka na oznake na kolniku. U ovom poglavlju će se navest dva istraživanja utjecaja zimske službe te utjecaj hladnih vremenskih uvjeta na retrorefleksiju oznaka na kolniku.

### **a) Model izvedbe oznaka na kolniku u hladnim uvjetima<sup>46</sup>**

Loše održavanje oznaka na kolniku svakako doprinosi većem broju prometnih nesreća. Štoviše, statistička istraživanja u Kanadi su pokazala da je u cestovnom prometu šteta od prometnih nesreća iznosila 10-25 milijardi \$, što je povećanje od 1.8 % u odnosu na prethodnu godinu. Na trajnost oznaka na kolniku, a time i njihovu vidljivost utječe, prema autorima ovog istraživanja 11 čimbenika: (1) vrsta materijala; (2) položaj oznake (razdjelne ili rubne); (3) starost oznake; (4) prosječni godišnji dnevni promet (PGDP); (5) vrsta ceste; (6) broj oznaka (linija) na cesti; (7) vrsta asfaltnog pokrova na cesti; (8) dopuštena brzina prometa; (9) količina soli; (10) količina abrazivnih sredstava te (11) količina aktivnosti zimskog održavanja ceste. Dosadašnje studije su pokazale da se nesreće koje se događaju po noći pri suhim ili kišnim uvjetima mogu smanjiti sa kvalitetnim oznakama na kolniku. Neadekvatno i slabo održavanje oznaka na kolniku doprinosi povećanju prometnih nesreća. Prema tome, primjenom odgovarajućih materijala za sve vremenske uvjete povećava se sigurnost i smanjiva broj prometnih nesreća. Stoga postoji potreba za redovitim nadzorom kako bi se utvrdilo optimalno stanje oznaka na kolniku.

Autori su utvrdili da bi državna tijela širom svijeta trebala poduzeti mjere za poboljšanjem metoda odabira odgovarajućeg materijala za izradu oznaka na kolnicima s naglaskom na ključna pitanja kao što su vrsta materijala, trajnost, retrorefleksija te čimbenici koji utječu na performanse i cijenu. Glavni ciljevi ovog istraživanja je analizirati utjecaj hladnih vremenskih uvjeta na oznake na kolniku. U istraživanje su uključene različite kategorije cesta kao i različiti materijali za izradu oznaka na kolniku, uzimajući u obzir čimbenike koji utječu na stanje oznaka na kolniku kao što su (PGDP, postotak kamiona, broj prolazaka ralice i sol).

---

<sup>46</sup> Fares, H., Shahata, K., Elwakil, E., Eweda, A., Zayed, T., Abdelrahman, M., Basha, I.: Modelling the performance of pavement marking in cold weather conditions, Structure and Infrastructure Engineering, 2010., p. 1–13., ISSN 1573-2479

Metodologija istraživanja se sastoji od tri glavna koraka: prikupljanje ulaznih podataka za izgradnju modela, izgradnja modela i na kraju iščitavanje podataka na temelju modela. Faktori koji utječu na oznake na kolniku i uključeni su u model su: vrsta materijala, položaj oznake na kolniku (središnja ili rubna linija), prosječna starost oznake na kolniku, PGDP, vrsta ceste, stanje površine kolnika i uklanjanje snijega.

Modeli izvedbe razvijeni su za razne materijale oznaka na kolniku, a temelje se na podacima prikupljenim iz provincije Quebec pomoću regresijske analize. Klasifikacija podataka se temelji na tri glavna parametra: položaj oznake na kolniku (središnje linija, rubne linije), kategorija ceste i vrsta materijala oznake na kolniku (alkidne boje, epoksi). Stanje oznaka na kolniku se vrednuje u rasponu od 1 do 5, gdje 1 predstavlja izvrstan, a 5 je kritično. Autori su zaključili da u hladnim područjima ralice i sol negativno utječu na trajnost i retrorefleksiju oznaka na kolniku. Prosječna trajnost oznaka na kolniku varira u suhim, vlažnim i hladnim vremenskim uvjetima<sup>47</sup>.

#### b) Model degradacije i analiza oznaka na kolniku<sup>48</sup>

Devedesetih godina Sveučilište u Michiganu je napravilo procjenu performansi za nekoliko materijala za izradu oznaka na kolniku za Odsjek za promet u Michiganu. Njihovo istraživanje je imalo svrhu dobiti uvid u upute kako implementirati financijski prihvatljive procedure upravljanja održavanjem oznaka na kolniku. Fokus studije je bio na tri glavna materijala (boja, termoplastika i trake). U istraživanju je korišteno 50 uzoraka na lokacijama diljem Michigana kako bi se utvrdile stope degradacije različitih materijala i minimalni prag od  $100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$  kako bi se naznačio stupanj zadovoljavanja performansi.

Mjerni uređaj koji se koristio bio je Mirolux 12. U istraživanju je zabilježeno da postoji veliki stupanj variranja u mjerenjima obavljenim s ovim uređajem. Ograničenja u prikupljanju podataka minimizirala su ukupnu količinu podataka koji se mogao usporediti tijekom vremena. Iako je pretpostavka bila kako su stope degradacije linearne, iznos  $R^2$  je bio malen ( $R^2 = 0,14$ ), te ispada da linearni model degradacije ne opisuje najbolje degradaciju. S druge strane, PGDP, ograničenje brzine i postotak teretnog prometa nisu pokazali korelaciju s degradacijom retrorefleksije i eliminirane su iz modela. Od značajnih napomena su zaključili da snijeg i

---

<sup>47</sup> Fares, H., Shahata, K., Elwakil, E., Eweda, A., Zayed, T., Abdelrahman, M., Basha, I.: Modelling the performance of pavement marking in cold weather conditions, Structure and Infrastructure Engineering, 2010., p. 1–13., ISSN 1573-2479

<sup>48</sup> Sitzabee, W. E.: A Spatial Asset Management Study Through an Analysis of Pavement Marking Performance; Graduate Faculty of North Carolina State University, 2008.

zimski služba održavanja tj. ralice i sol imaju znatnog utjecaja na smanjivanje retroreflektivnih svojstava oznaka na kolniku.

Osnovni zaključak istraživanja jest da su tekući materijali za označavanje kolnika najekonomičnije rješenje. Ovaj zaključak se temelji na prihvatljivim performansama u usporedbi s niskim troškovima. Ostali materijali imaju bolje performanse, ali njihova cijena ne opravdava produljeni životni vijek<sup>49</sup>.

---

<sup>49</sup> Sitzabee, W. E.: A Spatial Asset Management Study Through an Analysis of Pavement Marking Performance; Graduate Faculty of North Carolina State University, 2008.

## 6. ANALIZA UTJECAJA ZIMSKE SLUŽBE NA RETROREFLEKSIJU OZNAKA NA KOLNIKU

Retroreflektivna svojstva cestovnih oznaka na kolniku od presudnog su značenja i predstavljaju jedan od osnovnih čimbenika povećanja sigurnosti sudionika u cestovnom prometu te predstavljaju najznačajniji element ispitivanja.

Osim retrorefleksije, osnovni parametar za usporedbu i ocjenjivanje kvalitete oznaka na kolniku je njihov eksploatacijski vijek, odnosno trajnost koja direktno utječe na vidljivost te raspored obnavljanja oznaka, a time i na cjelokupne troškove održavanja. Neki od prometnih stručnjaka predlažu da se trajnost oznaka mjeri određivanjem postotka materijala koji ostaje na površini ili neposredno ispitivanjem snage veze između materijala i površine<sup>50</sup>. Primjenom najnovijih metoda i postupaka ispitivanja oznaka na kolniku moguće je postići visoku i konstantnu razinu kvalitete, te na taj način podići razinu sigurnosti pojedinih prometnica.

### 6.1. Metode ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku

Sve veće brzine kretanja vozila u cestovnom prometu i sve veći broj vozila na cestama čini pitanje sigurnosti sudionika u prometu sve značajnijim. Kako bi se osigurala zadovoljavajuća razina retrorefleksije potrebno je vršiti redovnu kontrolu i ispitivanja sukladno propisanim normama i tehničkim uvjetima.

Ispitivanja retroreflektivnih svojstava oznaka na kolniku svode se na ispitivanje dnevne i noćne vidljivosti te se provode na dva načina<sup>51</sup>:

- a) metodom statičkog ispitivanja refleksije oznaka na kolniku (dnevna i noćna vidljivost)
- b) metodom dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku (noćna vidljivost)

#### a) *Metoda statičkog ispitivanja refleksije oznaka na kolniku*

Statička ispitivanja oznaka na kolniku se obavljaju ručnim retroreflektrometrima sukladno europskoj normi EN 1436. Dnevna vidljivost izražena je modulom  $Q_d$  i mjerena u  $\text{mcd/m}^2 \cdot \text{lx}$  promatrana pod kutom od  $2,29^\circ$  na udaljenosti od 30 m i predstavlja vrijednost difuznog raspršenog svjetla koju prima promatrač. Tijekom ispitivanja noćne vidljivosti uređaj mjeri retrorefleksiju svjetleće zrake od ispitane površine pod kutom od  $2,29^\circ$ , kutom ulaznog svjetla

---

<sup>50</sup> Migletz, J., Fish, J.K., Graham, J. L.: Roadway Delineation Practices Handbook, Graham-Migletz Enterprises, Washington D.C., 1994., FHWA-SA-91-001

<sup>51</sup> Ščukanec, A., Babić, D. Metode mjerenja retrorefleksije prometnih znakova i oznaka na kolniku. Dani prometnica: Mjerenja, ispitivanja i monitoring na prometnicama, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2013.; p. 373-407.



od 1,24° i pri udaljenosti 30 m kod kratkih svjetala. Slika 20. prikazuje uređaj za statičko ispitivanje refleksije oznaka na kolniku.



Slika 20. Uređaj za ispitivanje kvalitete oznaka na kolniku ZRM 6030

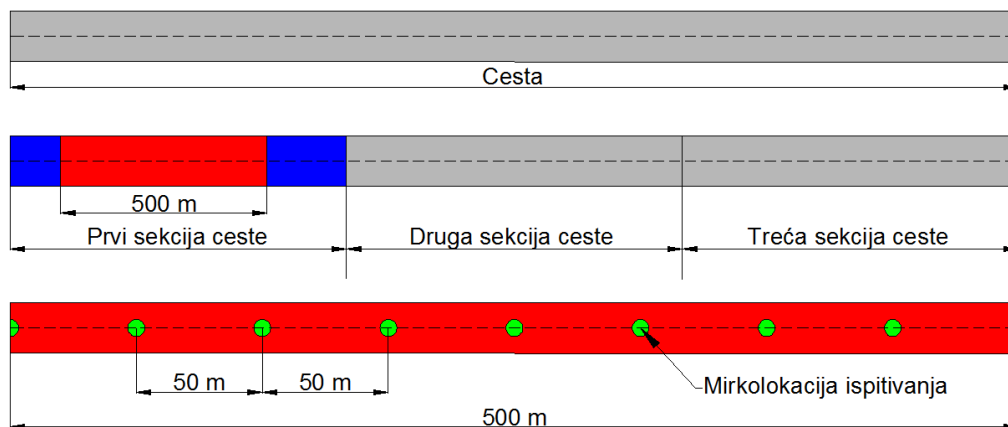
Izvor: <http://www.zehntner.com/products/categories/retroreflection/zrp-6030-retroreflectometer> (10.02.2016)

Statičko ispitivanje dnevne i noćne vidljivosti moguće je izvršiti na dva načina<sup>52</sup>:

- **Kentucky metodom** – gdje se ispitivanja obavljaju u vremenskom periodu između 30 i 60 dana od datuma izvedbe oznaka na kolniku. Ispituje se u jednoj zoni dužine 500 m, na svakoj sekciji, pri čemu je sekcija dio oznaka izveden s jednom ekipom tijekom jednog dana. Zona ispitivanja je u prvoj trećini dužine sekcije i u svakoj zoni se provede 10 mjerenja na međusobnom razmaku od 50 m. Na svih 10 mikrolokacija izvrši se po 3 mjerenja i dobivena prosječna vrijednost tih mjerenja uzima se kao mjerodavna (slika 21). Nedostatak ovog načina ispitivanja je relativno mali broj ispitanih mjesta obzirom na dužinu dionice, što potencijalno otvara mogućnost dobivanja pogrešne percepcije o razini vidljivosti oznaka na kolniku na pojedinim prometnicama. Važno je naglasiti da se opisana metoda više ne koristi.

---

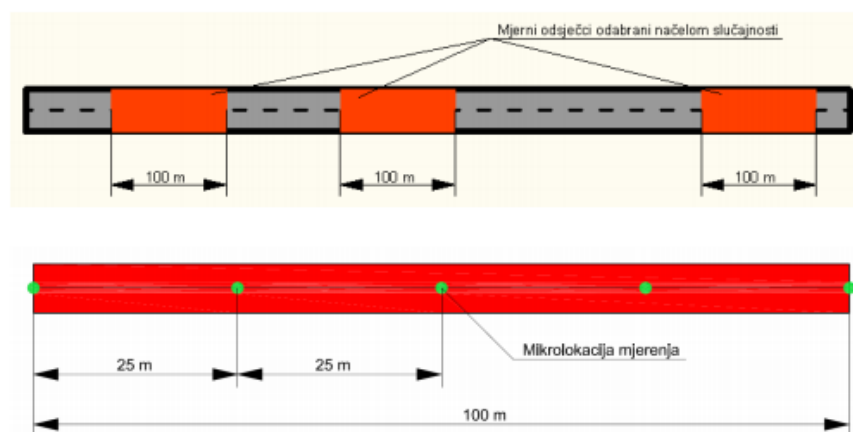
<sup>52</sup> Ščukanec, A., Babić, D. Metode mjerenja retrorefleksije prometnih znakova i oznaka na kolniku. Dani prometnica: Mjerenja, ispitivanja i monitoring na prometnicama, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2013.; p. 373-407.



Slika 21. Kentucky metoda ispitivanja

Izvor: Ščukanec, A., Babić, D. Metode mjerenja retrorefleksije prometnih znakova i oznaka na kolniku. Dani prometnica: Mjerenja, ispitivanja i monitoring na prometnicama, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2013.; p. 373-407.

- **Metoda prema Njemačkom propisu ZTV M02** – postupak ispitivanja, mjerenja i ocjena vrijednosti oznaka na kolniku provodi se sukladno Njemačkom propisu ZTV M 02. Postupak obuhvaća ispitivanje debljine suhog sloja boje, ocjenu dnevne i noćne vidljivosti izvedenih oznaka u suhim uvjetima, noćne vidljivosti u vlažnim uvjetima te otpornosti na klizanje izražene u SRT jedinicama i to za mjerenja koja se provode najranije 30, a najkasnije 60 dana nakon izvođenja oznaka na kolniku. Opseg ispitivanja kod uzdužnih oznaka određuje se prema dnevnom izvršenju radne grupe koja izvodi oznake na kolniku. (Slika 22)



Slika 22. Metoda ispitivanja prema ZTV M 02

Izvor: Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija, Akademski godina 2014/2015

*b) Metoda dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku<sup>53</sup>*

Kod metode dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku podrazumijeva se ispitivanje noćne vidljivosti dinamičkim mjernim uređajem u cijeloj njihovoj dužini na određenoj prometnici. Navedena vrsta ispitivanja obavljaju se dinamičkim retroreflektometrom koji se postavlja na mjerno vozilo s lijeve ili desne strane ovisno o vrsti oznake koja se ispituje (slika 23.). Geometrija mjerenja je identična kao i kod statičke metode. Uz retrorefleksiju, navedeni uređaji omogućuju prikupljanje i ostalih informacija vezanih uz temperaturu, relativnu vlažnost zraka, brzinu vožnje, GPS koordinate, te slikovne i glasovne datoteke.



Slika 23. Mjerno vozilo sa montiranim uređajem ZDR 6020

*Izvor: Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija, Akademska godina 2014/2015*

## **6.2. Metodologija prikupljanja podataka**

Podaci korišteni u ovom diplomskom radu prikupljeni su od strane Zavoda za prometnu signalizaciju Fakulteta prometnih znanosti, Sveučilišta u Zagrebu. Podaci su prikupljeni u svrhu ispitivanja kvalitete oznaka na kolniku dinamičkom metodom korištenjem Zehntner ZDR 6020 dinamičkog retroreflektometra. Dinamički reflektometar korišten u istraživanju stavljen je na mjerno vozilo Mercedes Viano s lijeve ili desne strane ovisno o položaju oznaka.

Prije svakog provođenja ispitivanja uređaj je bio kalibriran kako bi se osigurala točnost mjerenja te je odabrana duljina mjernog intervala (u ovom slučaju 50 m) za koje će uređaj davati prosječne izmjerene vrijednosti. Mjerenja se obavljala bez zatvaranja prometa na pojedinoj dionici duž cijele dionice pri normalnoj vožnji (oko 50 km/h).

---

<sup>53</sup> Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija, Akademska godina 2014/2015

Ispitivanja su bila podijeljena u dvije faze. U prvoj su ispitivane oznake u periodu od 30-tog do 60-tog dana nakon obnavljanja (sukladno Smjernicama i tehničkim uvjetima Hrvatskih cesta d.o.o.). U drugoj fazi ispitivane su oznake nakon nekoliko mjeseci, odnosno nakon završetka zimskog perioda.

### **6.3. Analiza i obrada podataka**

U ovom diplomskom radu analizirane su ceste po različitim županijama i regijama RH, tako da bi se dobio uvid u utjecaj zimskih službi na retrorefleksiju oznaka na kolniku. U tablicama će se prikazati pregled vrijednosti pada retrorefleksije oznaka na kolniku pod različitim vremenskim i temperaturnim oscilacijama. Prilikom analize, zasebno su analizirane središnje, a zasebno rubne oznake kako bi se utvrdio utjecaj zimskih službi na degradaciju oznaka ovisno o poziciji oznake.

Ukupno je analizirano jedanaest prometnice u različitim regijama i županijama RH. Prometnice su podijeljene na one na kojima je bilo prisutnosti aktivnosti zimske službe održavanja i na dionice cesta na kojima nije bilo utjecaja zimske službe.

#### *a) Ceste na kojima je bilo aktivnosti zimske službe održavanja*

U radu su obrađene sljedeće prometnice, tj. dionice cesta po županijama, za obnovljene i postojeće oznake na kolniku na kojima postoji utjecaj zimske službe održavanja, odnosno ralice i posipanje soli:

- Bjelovarsko Bilogorska županija, dionica ceste D45 Veliki Zdenci – Rogoža, ispitane središnja crta (SR), te lijeva i desna rubna crta (RL i RD)
- Virovitičko Podravska županija, dionica ceste D2 Kloštar Podravski – Feričanci, te su ispitane središnja crta (SR), te lijeva i desna rubna crta (RL i RD); dionica ceste D5 GP Terezino polje – Lončarica, ispitana središnja crta (SR)

Tablica 1. prikazuje vrijednosti retrorefleksije središnjih linija na cestama na kojima su zabilježene aktivnosti zimske službe nakon obnavljanja te nakon nekoliko mjeseci (postojeće oznake) na tri ceste. U tablici je nadalje prikazan apsolutni pad retrorefleksije, vremenski interval između mjerenja retrorefleksije, broj prolaska ralice u navedenom vremenskom intervalu između mjerenja i PGDP.

Prosječne vrijednosti retrorefleksije obnovljenih oznaka na kolniku korištenih u ovom radu, mjerila su se najčešće pred kraj ljeta, nakon obnavljanja, a postojeće vrijednosti retrorefleksije mjerila su se sljedeće godine na proljeće. Pad retrorefleksije za razdoblje između mjerenja je prikazan u postotcima, te je potrebno napomenuti da se PGDP računao za svaku

godinu zasebno na temelju podataka koji su preuzeti iz publikacije: Brojenje prometa na cestama Republike Hrvatske za 2011, 2012, 2013 i za 2014 godinu.

Tablica 1. Analiza pada retrorefleksije središnjih linija na cestama s aktivnostima zimske službe

Datum	Cesta	Status	Tip linije	Prosječna retrorefleksija	Apsolutni pad retrorefleksije	Broj dana od mjerenja	Broj prolaska ralice	PGDP
6.5.2014	D45	Postojeća	SR	140	43,32%	256	11	2.031
23.8.2013		Obnovljena	SR	247				2.013
16.4.2013	D45	Postojeća	SR	121	56,47%	179	29	2.013
19.10.2012		Obnovljena	SR	278				2.038
5.5.2014	D2	Postojeća	SR	137	43,46%	255	18	4.839
23.8.2013		Obnovljena	SR	306				4.478
15.5.2013	D2	Postojeća	SR	142	47,21%	268	31	4.478
20.8.2012		Obnovljena	SR	269				4.580
9.5.2012	D2	Postojeća	SR	126	62,16%	293	40	4.580
21.7.2011		Obnovljena	SR	333				5.231
23.5.2014	D5	Postojeća	SR	233	29,39%	273	18	1.054
23.8.2013		Obnovljena	SR	330				945
Prosječni apsolutni pad središnje linije					47.00%	254	24,50	3.190

Izvor: Autor

Iz tablice 1. može se zaključiti da prosječni apsolutni pad retrorefleksije središnjih linija iznosi 47 %, te se može primijetiti da je najveći pad retrorefleksije od čak 62,16% na dionici ceste D2 gdje je ralica prošla 40 puta tijekom zime. Prosječni broj prolaska ralica na analiziranim cestama iznosi 24,5 puta, dok prosječni PGDP iznosi 3.190 vozila po danu. Iz rezultata se može zaključiti da je prosječni pad retrorefleksije središnjih linija  $6.20 \text{ mcd/m}^2 \cdot \text{lx}$  po aktivnosti zimske službe (ralice).

U tablici 2. prikazane su identične prometnice kao i u prethodnoj tablici. Jedina promjena se odnosi na tip linije koji je istraživao (u ovom slučaju to su rubne linije). Prosječni apsolutni pad retrorefleksije rubnih linija kod svih prometnica iznosi 41,31%, što je razlika od 5,69 % u odnosu na središnje linije pa se može konstatirati da se središnje linije više troše u odnosu na rubne linije zbog dvosmjernog prolaska ralica po prometnici i također iz razloga jer su središnje linije češće „pregažene“ vozilima u prometnom toku. Prosječni pad retrorefleksije rubnih linija je  $6.0 \text{ mcd/m}^2 \cdot \text{lx}$  po aktivnosti zimske službe (ralice) što je gotovo jednako rezultatu središnjih linija.

Tablica 2. Analiza pada retrorefleksije rubnih linija na cestama s aktivnostima zimske službe

Datum	Cesta	Status	Tip linije	Prosječna retrorefleksija	Apsolutni pad retrorefleksije	Broj dana od mjerenja	Broj prolaska ralice	PGDP
6.5.2014	D45	Postojeća	RD	217	31,33%	256	11	2.013
23.8.2013		Obnovljena		316				2.013
6.5.2014	D45	Postojeća	RL	155	45,04%	256	11	2.031
23.8.2013		Obnovljena		282				2.013
16.4.2013	D45	Postojeća	RD	152	50,33%	179	29	2.013
19.10.2012		Obnovljena		306				2.038
16.4.2013	D45	Postojeća	RL	133	53,66%	179	29	2.013
19.10.2012		Obnovljena		287				2.038
5.5.2014	D2	Postojeća	RD	155	42,59%	199	18	4.839
18.10.2013		Obnovljena		270				4.478
5.5.2014	D2	Postojeća	RL	113	56,03%	199	18	4.839
18.10.2013		Obnovljena		257				4.478
2.5.2013	D2	Postojeća	RD	194	38,02%	245	31	4.478
30.8.2012		Obnovljena		313				4.580
2.5.2013	D2	Postojeća	RL	194	38,99%	245	31	5231
30.8.2012		Obnovljena		318				4478
9.5.2012	D2	Postojeća	RL	224	35,82%	293	40	4580
21.7.2011		Obnovljena		349				5231
21.7.2011	D2	Postojeća	RD	320	33,75%	293	40	4580
9.5.2012		Obnovljena		212				5231
23.8.2013	D5	Postojeća	RD	321	32,71%	270	18	1054
20.5.2014		Obnovljena		216				945
23.8.2013	D5	Postojeća	RL	336	37.50%	270	18	1054
20.5.2014		Obnovljena		210				945
Prosječni apsolutni pad rubnih linija					41,31%	240,30	24,50	3.190

Izvor: Autor

*b) Ceste bez aktivnosti zimske službe*

Obradene su sljedeće prometnice, tj.dionice cesta po županijama, za obnovljene i postojeće vrijednosti retrorefleksije oznake na kolniku:

- Istarska županija, dionica ceste D44 čvor Nova Vas – čvor Lupoglav, ispitane središnja crta (SR) i lijeva i desna rubna crta ( RL i RD); dionica ceste D48 i to čvor Badrena – čvor Rogovići, ispitane središnja crta (SR) te lijeva i desna rubna crta (RL i RD); dionica

ceste D64 Pazin – Vozilići, ispitane (SR, RL i RD), dionica ceste D66 Pula – Zagore, ispitane središnja crta (SR), lijeva desna rubna crta (RL i RD); dionica ceste D303 Rovinj – čvor Kanfanar, ispitane središnja te lijeva i desna rubna crta (SR, RL i RD); dionica ceste D500 čvor Vranja – Kršan, ispitana središnja te lijeva i desna rubna crta (SR, RL i RD)

- Splitsko Dalmatinska županija - dionica državne ceste D8 Marina- Gradac, ispitana središnja crta (SR); dionica ceste 116 Vira (trajektna luka) – Sućiraj, ispitana središnja crta, te lijeva i desna rubna crta (SR, RL i RD)
- Šibensko Kninska županija –dionica državne ceste D8 Magdalena – Gradac, ispitana središnja linija (SR);
- Zadarska županija - dionica državne ceste D8 Magdalena – Drage, ispitana desna rubna linija (RD);
- Dubrovačko Neretvanska županija – dionica državne ceste D8 Gradac – GP Karasovići, ispitana lijeva rubna crta (RL)

Tablica 3. prikazuje ceste koje su korištene u radu te u kojima nije bilo aktivnosti vezane uz zimsku službu održavanja (redoslijed cesta prati iznad navedeni tekst sa županijama).

Iz tablice 3. vidljivo je da je prosječni pad retrorefleksije središnjih linija cesta na kojima nije bilo utjecaja zimske službe, znatno manji u odnosu na središnje linije cesta na kojima je bilo aktivnosti zimske službe (tablica 1). Prosječni apsolutni pad retrorefleksije iznosi 29,60% uz gotovo jednak prosječni broj dana od mjerenja (303,38). Prosječni PGDP na navedenim cestama je nešto veći te iznosi (3,671) vozila po danu, tako da se može ustvrditi da je i uz veći PGDP pad retrorefleksije manji u odnosu na prometnice na kojima je bilo aktivnosti zimske službe.

Tablica 3. Analiza pada retrorefleksije središnjih linija na cestama bez aktivnosti zimske službe

Datum	Cesta	Status	Tip linije	Prosječna retrorefleksija	Apsolutni pad retrorefleksije	Broj dana od mjerenja	PGDP
11.09.2012	DC44	Obnovljena	SR	324	24.69%	274	2,204
12.06.2013		Postojeća		244			2,226
21.09.2012	DC48	Obnovljena	SR	305	37.05%	264	4,010
12.06.2013		Postojeća		192			4,004
21.09.2012	DC64	Obnovljena	SR	331	42.60%	264	2,322
12.06.2013		Postojeća		190			3,497
05.07.2013	DC66	Obnovljena	SR	317	8.83%	256	3,663
18.03.2014		Postojeća		289			4,133
13.06.2011	DC303	Obnovljena	SR	233	18.03%	346	5,010
24.05.2012		Postojeća		191			4,997
11.09.2012	DC500	Obnovljena	SR	250	31.20%	274	1,788
12.06.2013		Postojeća		172			1,806
30.09.2014	DC116	Obnovljena	SR	170	45.29%	428	1,333
02.12.2015		Postojeća		93			/
25.05.2012	DC8	Obnovljena	SR	230	29.13%	321	7,026
11.04.2013		Postojeća		163			7,045
Prosječni apsolutni pad središnjih linija					29.60%	303.38	3,671

Izvor: Autor

Iz tablice broj 4. može se zaključiti da je prosječni apsolutni pad retrorefleksije rubnih linija kolnika na kojima nije bilo utjecaja zimske službe (20,30%), što je razlika od (9,30%) u odnosu na središnje linije identičnih prometnica na kojima nije bilo utjecaja zimske službe te je znatno manji (21,01%) u odnosu na rubne linije oznaka na kolniku na koje je utjecala zimska služba.

Tablica 4. Analiza pada retrorefleksije rubnih linija na cestama bez aktivnosti zimske službe

Datum	Cesta	Status	Tip linije	Prosječna retrorefleksija	Apsolutni pad retrorefleksije	Broj dana od mjerenja	PGDP
6.6.2013	D44	Postojeća	RL	289	13,47%	262	2.226
17.9.2012		Obnovljena		334			2.204
6.6.2013	D44	Postojeća	RD	274	14,91%	262	2.226
17.9.2013		Obnovljena		322			2.204
19.3.2014	D48	Postojeća	RL	322	22,90%	168	4.020
2.10.2013		Obnovljena		262			4.004
19.3.2014	D48	Postojeća	RD	196	19,34%	168	4.020
2.10.2013		Obnovljena		243			4.004



12.6.2013	D64	Postojeća	RL	276	19,77%	264	2.355
21.9.2012		Obnovljena		344			2.322
12.6.2013	D64	Postojeća	RD	224	36,00%	264	2.355
21.9.2012		Obnovljena		350			2.322
19.3.2014	D66	Postojeća	RD	259	11,58%	168	4.133
2.10.2013		Obnovljena		229			4.663
19.3.2014	D66	Postojeća	RL	196	24,82%	168	4.133
2.10.2013		Obnovljena		257			3.663
24.5.2012	D303	Postojeća	RL	289	8,83%	346	7.902
13.6.2011		Obnovljena		317			7.930
24.5.2012	D303	Postojeća	RD	206	24,82%	346	7.902
13.6.2011		Obnovljena		274			7.930
12.6.2013	D500	Postojeća	RL	194	38,99%	264	1.806
21.9.2012		Obnovljena		318			1.788
12.6.2013	D500	Postojeća	RD	219	35,78%	264	1.806
21.9.2012		Obnovljena		341			1.788
2.12.2015	D116	Postojeća	RL	159	18,04%	428	/
30.9.2014		Obnovljena		194			1.333
2.12.2015	D116	Postojeća	RD	164	12,30%	428	/
30.9.2014		Obnovljena		187			1.333
11.4.2013	D8	Postojeća	RL	190	13,64%	321	6.974
25.5.2012		Obnovljena		220			6.579
23.3.2012	D8	Postojeća	RD	182	14,95%	281	7.045
16.6.2011		Obnovljena		214			7.026
Prosječni apsolutni pad rubnih linija					20,30%	287.13	3.671

Izvor: Autor

Iz navedenog, vidljivo je da s približno jednakim prometnim uvjetima, retrorefleksija oznaka na kolniku značajno je smanjena na cestama u hladnim područjima gdje je prisutna aktivnost zimske službe održavanja. Također, pad retrorefleksije oznaka na kolniku ovisi o vrsti i položaju linija na kolniku, pa zbog utjecaja dvosmjernog prolaska ralica i većeg prometnog toka koji prolazi preko linija, evidentno je da se središnje linije brže troše od rubnih.

## 7. ZAKLJUČAK

Prometna signalizacija jedan je od čimbenika koji znatno utječe na sigurnost cestovnog prometa. Za svakog sudionika u prometu oznake na kolniku vrlo su važne jer bez njih u današnje vrijeme odvijanje prometnog toka bilo bi nezamislivo. Predstavljaju dio cjelokupne prometne signalizacije i ne mogu se nadomjestiti drugim znakovima ili propisima. Oznake na kolniku moraju ispunjavati svoju svrhu koja je veoma bitna za sve sudionike u prometu, a to je upozoravanje, vođenje i informiranje vozača do njihovog cilja identificirajući im sigurnu putanju vožnje naročito noću i u uvjetima slabe vidljivosti.

U radu su se analizirale prometnice u različitim regijama i županijama Republike Hrvatske pod različitim geografskim i vremenskim uvjetima. Obradom prikupljenih podataka usporedbom vrijednosti apsolutnog pada retrorefleksije oznaka na kolniku na analiziranim prometnicama utvrđeno je da je utjecaj zimske službe održavanja (ralice, posipanje soli) na trošenje i degradaciju retrorefleksije oznaka na kolniku značajan. Prosječni apsolutni pad retrorefleksije središnjih linija na cestama na kojima nije bilo utjecaja zimske službe iznosi 29,60% što je u odnosu na središnje linije na cestama na kojima je zabilježena zimska služba 17,40% manje uz veći PGDP. Slični rezultate je pokazala i analiza rubnih linija gdje pad prosječne postotne degradacije oznaka na cestama s zimskom službom i bez zimske službe iznosi 21,01%. Također se iz rezultata može zaključiti da je prosječni pad retrorefleksije središnjih linija po aktivnosti zimske službe  $6.20 \text{ mcd/m}^2 \cdot \text{lx}$ , a rubnih linija  $6.00 \text{ mcd/m}^2 \cdot \text{lx}$ .

Na izdržljivost i trajnost oznaka na kolniku pri lošim vremenskim uvjetima veliku ulogu imaju i materijali od kojih su oznake napravljene. Boja, kao najčešće korišten materijal u Republici Hrvatskoj se pokazao nedovoljno otporan na velike hladnoće i posipanje soli, ponajviše za ralice koje u najvećoj mjeri uništavaju oznake preko zime. Stoga bi u gorskim predjelima, gdje su ceste određeni dio godine prekrivene snijegom, trebalo koristiti kvalitetnije i otpornije materijale dok se u primorskim predjelima zbog blaže zime mogu koristiti i jeftiniji materijali.

Važno je provoditi redovna održavanja i daljnja ispitivanja oznaka na kolniku sukladno propisanim normama i tehničkim uvjetima kako bi se osigurala zadovoljavajuća razina retrorefleksije. Cilj daljnjih ispitivanja je dobiti što veću kvalitetu oznaka na kolniku te time povećati sigurnost svih sudionika u prometu uz optimizaciju troškova održavanja.

## LITERATURA

1. Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija, Akademski godina 2014/2015
2. Ščukanec, A., Babić, D. Vidljivost oznaka na kolniku, Dani prometnica: Građenje prometne infrastrukture. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2012.; p. 513-546.
3. Sitzabee, W. E.: A Spatial Asset Management Study Through an Analysis of Pavement Marking Performance; Graduate Faculty of North Carolina State University, 2008.
4. Jiang, Y.: Durability and retro-reflectivity of pavement markings (Synthesis study), Joint transportation Research Program (2008), Indiana Department of Transportation and Purdue University, West Lafayette, Indiana
5. Toš, I.: Analiza trajnosti i retrorefleksije oznaka na kolniku, 9th International Conference Road safety in Local Community, Serbia, 2014.
6. Migletz, J., Fish, J.K., Graham, J. L.: Roadway Delineation Practices Handbook, Graham-Migletz Enterprises, Washington D.C., 1994., FHWA-SA-91-001
7. Clark, J., Sanders, S.: Review and Recommendations for Pavement Marking Materials. Department of Civil Engineering, Clemson University, S.C. 1993.
8. Babić, D., Burghardt, T. E., Babić, D.: Application and Characteristics of Waterborne Road Markings Paint, International Journal for Traffic and Transport Engineering, 2015., Vol. 5 (2), p. 150-169, DOI: [http://dx.doi.org/10.7708/ijtte.2015.5\(2\).06](http://dx.doi.org/10.7708/ijtte.2015.5(2).06)
9. Fares, H., Shahata, K., Elwakil, E., Eweda, A., Zayed, T., Abdelrahman, M., Basha, I.: Modelling the performance of pavement marking in cold weather conditions, Structure and Infrastructure Engineering, 2010., p. 1–13., ISSN 1573-2479
10. Ščukanec, A., Babić, D. Metode mjerenja retrorefleksije prometnih znakova i oznaka na kolniku. Dani prometnica: Mjerenja, ispitivanja i monitoring na prometnicama, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2013.; p. 373-407.
11. Brojenje prometa na cestama Republike Hrvatske godine 2011, Zagreb, svibanj 2012. godine.
12. Brojenje prometa na cestama Republike Hrvatske godine 2012., Zagreb, travanj 2013. godine.
13. Brojenje prometa na cestama Republike Hrvatske godine 2013., Zagreb, travanj 2014. godine.

14. Brojenje prometa na cestama Republike Hrvatske godine 2014., Zagreb, travanj 2015. godine.

**Internetski izvori:**

1. <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/dodatni/374256.htm> (10.12.2015.)
2. <http://www.tisak-dada.hr/prometna-signalizacija/horizontalna-signalizacija/oznake-na-kolniku/>, (10.12.2015.)
3. <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/288185.html> , (11.12.2015.)
4. <http://www.prometna-zona.com/oznake-na-kolniku/> (13.12.2015.)
5. <http://www.prometna-signalizacija.com/horizontalna-signalizacija/uzduzne-oznake/> (13.12.2015.)
6. <http://www.prometna-signalizacija.com/horizontalna-signalizacija/poprecne-oznake/> (14.12.2015.)
7. <http://www.signalizacija.hr/portfolioH.html#> (15.12.2015.)
8. Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (članak 71.), (15.12.2015.)
9. [http://www.vtsnis.edu.rs/Predmeti/teorija\\_i\\_regulisanje\\_saobracajnih\\_tokova/2.%20Vertikalna\\_signalizacija.df](http://www.vtsnis.edu.rs/Predmeti/teorija_i_regulisanje_saobracajnih_tokova/2.%20Vertikalna_signalizacija.df) (08.01.2016.)
10. <http://www.chemosignal.hr/usluge/m-swarovski-gmbh/staklene-kuglice/> (16.01.2016.)
11. <https://www.swarco.com/en/Products-Services/Traffic-Materials/GlassBeads/Standard-glass-bead-products/SWARCOFLEX> (16.01.2016)
12. <http://www.geveko-markings.com/plastiroute-cold-plastic-marking.html> (23.01.2016)
13. <http://www.vps-prometna-signalizacija.hr/proizvodi/7/debeloslojne-horizontalne-oznake> (23.01.2016)
14. <http://www.chemosignal.hr/usluge/hladna-plastika/> (25.01.2016)
15. <http://www.signalizacija.hr/serviceHor.html> (27.01.2016.)
16. <http://www.chemosignal.hr/usluge/termoplastika/podjela/> (29.01.2016.)
17. <http://www.zehntner.com/products/categories/retroreflection/zrp-6030-retroreflectometer> (10.02.2016)

## POPIS SLIKA I TABLICA

### Popis slika

Slika 1. Puna razdjelna i rubna crta.....	5
Slika 2. Isprekidana uzdužna crta.....	5
Slika 3. Dvostruka razdjena crta: a) puna, b) isprekidana c) kombinirana .....	5
Slika 4. Poprečna puna crta za zaustavljanje vozila na križanjima i drugim cestama .....	6
Slika 5. Isprekidana crta zaustavljanja .....	7
Slika 6. Ostale oznake na kolniku .....	7
Slika 7. Zrcalna refleksija.....	8
Slika 8. Difuzna refleksija.....	9
Slika 9. Retrorefleksija .....	9
Slika 10. Sferična retrorefleksija .....	10
Slika 11. Prizmatična retrorefleksija .....	10
Slika 12. Staklene kuglice: a) Swarcoflex, b) Swarcolux, c) Megalux – Beads .....	13
Slika 13. Nanošenje bojanih oznaka na kolniku automatskim putem.....	16
Slika 14. Oznake na kolniku od hladne plastike .....	18
Slika 15. Prikaz aglomeratnih strukturiranih oznaka .....	19
Slika 16. Oznaka od termoplastike.....	21
Slika 17. Princip nanošenja termoplastičnih oznaka .....	22
Slika 18. Neprofilirane oznake na kolniku izrađene trakom .....	23
Slika 19. Sastav traka za privremene oznake na kolniku .....	24
Slika 20. Uređaj za ispitivanje kvalitete oznaka na kolniku ZRM 6030.....	29
Slika 21. Kentucky metoda ispitivanja.....	30
Slika 22. Metoda ispitivanja prema ZTV M 02 .....	30
Slika 23. Mjerno vozilo sa montiranim uređajem ZDR 6020 .....	31

### Popis tablica

Tablica 1. Analiza pada retrorefleksije središnjih linija na cestama s aktivnostima zimske službe .....	33
Tablica 2. Analiza pada retrorefleksije rubnih linija na cestama s aktivnostima zimske službe .....	34
Tablica 3. Analiza pada retrorefleksije središnjih linija na cestama bez aktivnosti zimske službe.....	36

Tablica 4. Analiza pada retrorefleksije rubnih linija na cestama bez aktivnosti zimske službe .....	36
---	----